

LATVIJAS UNIVERSITĀTE  
BIOLOĢIJAS FAKULTĀTE  
CILVĒKA UN DZĪVNIEKU FIZIOLOĢIJAS KATEDRA

**Augsta tauku satura maltītes rosinātas izmaiņas  
organisma enerģētiskajā vielmaiņā fiziski trenētām un  
netrenētām jaunām sievietēm**

Bakalaura darbs

Darba autors: Liliāna Kanoške

Studenta apliecības Nr.: lk14042

Darba vadītājs: M. biol., asist. Karīna Volčeka

RĪGA 2017

## Kopsavilkums

Darba mērķis bija novērtēt regulāras fiziskas slodzes ietekmi uz vielmaiņu un enerģētisko substrātu izmantošanu miera apstākļos. Pētījumā piedalījās 14 jaunas, klīniski veselas sievietes vecumā no 21 līdz 28 gadiem, no kurām sešas spēlēja florbola komandā un regulāru treniņu laikā (3-4 reizes nedēļā) veic augstas intensitātes jauktu (aerobu/anaerobu) slodzi, savukārt astoņas sievietes ir ar zemu kustību aktivitāti ikdienā.

Pētījuma dalībniekiem noteica ķermeņa audu kompozīciju, izmantojot antropometrijas un ultrasonogrāfijas metodes, kā arī noteica vielmaiņas intensitāti, ogļhidrātu un tauku oksidācijas intensitāti un triglicerīdu un glikozes koncentrāciju kapilārajās asinīs četru stundu laikā pēc augsta tauku satura maltītes (1000 kcal, 62% tauku) uzņemšanas.

Iegūtie rezultāti norāda, ka sievietēm ar regulāriem fiziskiem treniņiem un ar mazkustīgu dzīvesveidu ir līdzīga ķermeņa audu kompozīcija, asins plazmas triglicerīdu un glikozes koncentrācija, kā arī pamatvielmaiņas intensitāte. Tomēr abās pētījuma personu grupās ir atšķirīgs enerģijas patēriņa pieaugums ar maltītes gremošanas norisēm saistīto procesu nodrošināšanai un atšķirīga plazmas triglicerīdu izmant koncentrācijas izmaiņu dinamika plazmā, kas ļauj domāt, ka trenētām un netrenētām personām ir atšķirīga plazmas nutrientu izmantošanas un deponēšanas stratēģija fiziska miera apstākļos.

**Atslēgas vārdi:** trenētas sievietes, augsta tauku satura maltīte, vielmaiņas intensitāte, lipīdu oksidācija, ogļhidrātu oksidācija, plazmas triglicerīdi

# Summary

The aim of this study was to evaluate whether regular physical activity affects energy expenditure and substrate utilization at rest.

The study included 14 young, apparently healthy women aged 21 – 28 years, six of them are floorball players and train regularly 3-4 times per week (aerobic/anaerobic trainings), and eight study participants have a sedentary lifestyle.

In both study groups body composition was assessed with anthropometric and ultrasound methods, also energy expenditure, and fat and carbohydrate oxidation was measured, as well as blood triglyceride and glucose concentration during four hours of postprandial state after a single high fat meal (1000 kcal, 62% fat).

The results indicate that trained and untrained women have similar body composition, blood triglyceride and glucose concentration, and basal metabolic rate. However, postprandial energy expenditure, and postprandial triglyceride clearance dynamics is different in both groups, which suggests that there is a different strategy of plasma nutrient utilization and storage at rest in trained and untrained women.

**Key words:** trained women, high fat meal, energy expenditure, fat oxidation, carbohydrate oxidation, blood triglyceride

# Saturs

Kopsavilkums .....	2
Summary.....	3
Saturs .....	4
Ievads.....	6
1. Literatūras apskats.....	7
1.1.    Taukaudu lokalizācija mazaktīvam cilvēkam un sportistam.....	7
1.2.    Enerģētiskā vielmaiņa .....	8
1.2.1. Miera vielmaiņas intensitāte .....	8
1.2.2. Aktivitātes rosināta termogēnēze.....	10
1.2.3. Uztura termogēnais efekts .....	11
1.3.    Enerģētisko substrātu utilizācija.....	12
1.3.1. Ogļhidrātu katabolisms šūnās .....	12
1.3.2. Lipīdu katabolisms šūnās.....	13
1.4.    Uzņemto enerģētisko substrātu metabolisms šūnās .....	14
1.4.1. Ogļhidrātu šķelšana un absorbcija .....	14
1.4.2. Olbaltumvielu šķelšana un absorbcija .....	15
1.4.3. Lipīdu šķelšana un absorbcija.....	16
2. Materiāli un metodes.....	18
2.1.    Pētījuma dizains/plānojums .....	18
2.2.    Ķermeņa masas noteikšana un antropometriskie mērījumi.....	20
2.3.    Ultrasonogrāfiskie mērījumi .....	24
2.4.    Vielmaiņas intensitātes noteikšana ar netiešās kalorimetrijas metodi .....	26
2.5.    Substrāta oksidācijas aprēķināšana .....	29
2.6.    Asins analīžu mērījumi.....	29
2.7.    Augsta tauku satura maltīte.....	30

2.8.	Datu statistiskā analīze .....	31
3.	Rezultāti un diskusija .....	32
3.1.	Ķermeņa audu kompozīcijas raksturojums .....	32
3.2.	Vielmaiņas intensitātes izmaiņa pēcmaltītes periodā.....	36
3.2.	Enerģētisko substrātu oksidācijas intensitāte pēc maltītes uzņemšanas.....	38
3.3.	Triglicerīdu un glikozes koncentrācijas izmaiņas asins plazmā.....	40
4.	Secinājumi.....	44
5.	Pateicības.....	45
6.	Literatūras saraksts.....	46
	Pielikums .....	47

# Ievads

Mūsdienās vairuma cilvēku uzturu raksturo tas, ka diennakts laikā tiek uzņemtas 3-4 maltīšu porcijas, tajās ietverot stipri apstrādātus produktus (vārīti, cepti, tvaicēti u.tml.), maltītēs ir liels daudzums pievienota cukura, kā arī augsts kopējais tauku saturs (vidēji 20-40g vienā ēdienreizē) (Kolovou et al., 2011, Teeman et al., 2016).

Pēc maltītes uzņemšanas novēro gan enerģijas patēriņa pieaugumu, kas ir saistīts ar gremošanas procesu mobilizāciju un enerģētisko substrātu transportu un utilizāciju, gan asinīs cirkulējošo enerģētisko substrātu koncentrācijas palielināšanos (hiperlipēmiju, hiperglikēmiju), turklāt šīs norises ilgst vairākas stundas un ir pastiprinātas pēc otrās, trešās vai ceturtais maltītes (Lambert, Parks 2012).

Līdz ar to diennakts lielākā daļa vairumam personu tiek pavadīta īpatnējā “pēc maltītes periodā” (angl. – postprandial state). Šajā laikā tiek mobilizēti tiek mehānismi organismā, kas iesaistās organisma enerģijas homeostāzē.

Attīstītajās valstīs dzīvojošiem cilvēkiem ikdienas kustību daudzums ir zems – daudzi pavada ikdienu, veicot fiziskās aktivitātes, kas neprasa īpašu piepūli, kas negatīvi ietekmē ne tikai ķermeņa tauku un muskuļu masas proporciju, balsta un kustības sistēmas veselību, bet arī organisma audu spēju regulēt ar uzturu uzņemto nutrientu daudzumu asins plazmā, kas ilgtermiņā būtiski paaugstina risku saslimt ar kādu no kardiometabolajām saslimšanām.

Savukārt pat neliela fizisko aktivitāšu daudzuma palielināšana ikdienā palielina ķermeņa audu (skeleta muskuļu, taukaudu, miokarda u.c.) spēju utilizēt maltītes uzturvielas, tādējādi uzlabojot kardiometabolo riska faktoru profilu.

Tādēļ mana **bakalaura darba mērķis** ir novērtēt, vai regulārai fiziskai slodzei ir noturīga ietekme uz vielmaiņu un enerģētisko substrātu izmantošanu miera apstākļos.

Darba uzdevumi:

1. Salīdzinoši izvērtēt ķermeņa audu kompozīcijas īpatnības klīniski veselām fiziski trenētām un netrenētām jauniešiem.
2. Noteikt pamatvielmaiņas intensitāti un enerģētisko substrātu izmantojamību fiziska miera apstākļos pēc augsta tauku satura maltītes.
3. Salīdzinoši izvērtēt plazmas nutrientu izmaiņu dinamiku pēc augsta tauku satura maltītes fiziski trenētām un netrenētām jauniešiem.

# 1. Literatūras apskats

Jebkuram dzīvam organismam, tai skaitā cilvēkam, spēja saglabāt enerģijas homeostāzi ir svarīga, tāpēc laika gaitā ir attīstījušies vairāki sarežģīti un kompleksi mehānismi, kuri regulē enerģijas uzņemšanu un patēriņu organismos, lai saglabātu nemainīgu ķermeņa svaru. Svara saglabāšanai ir ne tikai svarīgs uzņemtās enerģijas daudzums, lai tas sakristu ar patērēto enerģiju, bet līdzsvarā ir jābūt arī uzņemtajiem makroelementiem, lai tie sakristu ar organismā notiekošo makroelementu oksidāciju.

Mūsdienās dzīves apstākļi attīstītajās valstīs ir nonākuši tik tālu, ka visa veida pārtika un augsta tauku satura maltīte ir brīvi pieejama iegūšanai. Papildus tam, industrializētajās valstīs vajadzība pēc fiziskajām aktivitātēm darba nepieciešamībai un citur ikdienā ir ļoti zema, viss ir automatizēts. Tie ir apstākļi, kas ļāvuši visā pasaulē aptaukošanās problēmai sasniegt epidēmiskus apmērus.

Aptaukošanās rodas, ja sāk palikt hroniski nesabalansēta enerģijas uzņemšana attiecībā pret tās patērēšanu. Hiperfāģija, zema metabolisma intensitāte, zema tauku oksidēšanās un novājināta simpātiskā nervu sistēmas darbība ir faktori, kas izraisa dzīvniekos aptaukošanos.

## 1.1. Taukaudu lokalizācija mazaktīvam cilvēkam un sportistam

Zināms, ka fiziski aktīvām personām, kas regulāri veic augstas intensitātes aerobu un anaerobu slodzi, ilgtermiņā ir novērojamas adaptīvas izmaiņas organisma audos un šūnās, kuru rezultātā tiek efektīvāk izmantotas ar uzturu uzņemtās barības vielas nekā personām ar fiziski mērenu vai zemu slodzi ikdienā. Nozīmīgākās izmaiņas vērojamas tieši taukaudu lokalizācijā, jo personām ar regulāru fizisko slodzi kopējais taukaudu daudzums ķermenī samazinās, toties palielinās muskuļu masa.

Galvenokārt pētījumos uzmanība tiek vērsta uz paaugstinātu intraabdominālo jeb iekšējo vēdera taukaudu daudzuma izmaiņām. Intraabdominālie taukaudi ir vairāku sistēmiskas iedarbības hormonu, iekaisumu veicinošus citokīnu sintēzes un sekrēcijas vieta, tādējādi tiem ir nozīmīga loma tādu saslimšanu patoģenēzē kā kardiovaskulārās slimību, tostarp insults, ateroskleroze u.c., II tipa diabēts, nealkohola taukainu aknu slimība u.c. (*Lee et al., 2013*).

Irvings ar kolēģiem (*Irving et al., 2008*) savos pētījumos secināja, ka pēc 16 nedēļu zemas intensitātes fiziskajām aktivitātēm izmeklējamo personu taukaudu daudzums būtiski neizmainījās, taču pēc vidējas, augstas slodzes aktivitātēm pēc 16 nedēļām būtiski bija izmainījies gan zemādas taukaudu daudzums vēdera un gurnu rajonā, gan intraabdominālo taukaudu daudzums.

## **1.2. Enerģētiskā vielmaiņa**

Vielmaiņas intensitāte ir ātrums, kādā organisms patērē kalorijas jeb enerģiju sev nepieciešamajām darbībām. Diennakts kopējā enerģētiskā vielmaiņas intensitāte (TDMR) sastāda enerģētiskā līdzsvara vienu no pusēm un nosaka, cik liels enerģijas daudzums diennaktī organismam ir jāuzņem uztura veidā. Galvenās TDMR sastāvdaļas ir miera vielmaiņas intensitāte (RMR), pēcmaltītes termogēnēze (DIT jeb TEF) un aktivitātes rosināta termogēnēze (AMR) (*Speakman et al, 2003*).

### **1.2.1. Miera vielmaiņas intensitāte**

Miera vielmaiņas intensitāte sastāda apmēram 60-75% no TDMR, atspoguļojot enerģijas patēriņu to fizioloģisko funkciju veikšanai, kas nepieciešamas organisma izdzīvošanai, piemēram, termoregulācijas un asinsrites nodrošināšanai, elpošanai vai gremošanas procesiem utt.

Līdzīgs lielums ir pamatvielmaiņas intensitāte (BMR), kas ir nedaudz zemāks nekā RMR, jo raksturo minimālo enerģijas daudzumu, kas tiek patērēts, organismam atrodoties pilnīga fiziska un psihiska miera apstākļos. To ir iespējams diezgan precīzi noteikt, ja izmeklējamās personas ievēro noteiktus noteikumus gan pirms mērījuma, gan tā laikā: 2-3 dienas pirms mērījumiem izvairās no augstas vai vidējas intensitātes slodzes un nelieto alkoholiskos dzērienus, uz mērījumiem jāierodas tukšā dūšā (neēdušam 10-12 stundas), mērījumu brīdī atrodas guļus stāvoklī un neveic liekas kustības.

Faktori, kas ietekmē vielmaiņas intensitāti:

- Muskuļu masa – tā kā muskuļu šūnām, salīdzinot ar citu audu šūnām, ir nepieciešama lielāka enerģija to funkciju nodrošināšanai, jo lielāka ir ķermeņa kopējā

muskuļu masa, jo vairāk enerģijas organisms patērēs tās uzturēšanai (*Speakman and Selman, 2003*).

- Vecums – kļūstot vecākam, kopējā metabolisma intensitāte samazinās, jo samazinās muskuļaudu daudzums organismā, kā arī tāpēc, ka notiek hormonālas un neiroloģiskas izmaiņas, kas šo procesu kavē (*Ahima, 2009*).

- Ķermeņa izmērs – cilvēkiem ar masīvāku uzbūvi ir augstāka bazālās vielmaiņas intensitāte, tādēļ, ka gan garāks augums un lielāka ķermeņa masa (gan liesā masa, gan tauku masa) nozīmē lielāku šūnu skaitu organismā. Turklāt personām ar lielāku ķermeņa uzbūvi mēdz būt lielāki iekšējie orgāni (īpaši orgāni ar augstu metabolisko aktivitāti, piemēram, aknas, sirds, galvas smadzenes, nieres, liesa), kā arī muskuļu masa (*Javed et al., 2010*)(*Muller et al., 2011*)

- Dzimums – vīrieši parasti ir lielāka auguma un ar lielāku muskuļu masas daļu attiecībā pret taukaudiem nekā sievietēm, tāpēc viņiem ir lielāka vielmaiņas intensitāte.

- Iedzimtība – ģenētiski iedzimtajām īpatnībām (piemēram, dažādu hormonu, kā leptīna, produkcijas intensitāte var būt iedzimti zemāka vai augstāka) ir līdz pat 40% ietekme uz metabolismu. Ārējie faktori šīs iedzimtības īpatnības nespēj ietekmēt (*Bouchard, 1993*).

- Fiziskās aktivitātes – regulāri nodarbojoties ar fiziskajām aktivitātēm, palielinās muskuļu masa ķermenī, tāpēc pieaug to audu daudzums, kas ir fizioloģiski aktīvāki (*Speakman, 2003*). Nozīmīga ietekme fiziskajām aktivitātēm ir arī spējā paaugstināt jutīgumu uz insulīna līmeņa izmaiņām, jo regulāras slodzes rezultātā muskuļos palielinās GLUT4 transportieru daudzums, kas ir nodrošina nozīmīgu daļu glikozes transporta muskuļu šūnās (*Richter, 2013*).

- Hormonālā nelīdzsvarotība – dažādu hormonu (piemēram, kortizola, trijodtironīna, adrenalīna, estrogēna, testosterona, augšanas hormona u.c.) sekrēcijas izmaiņas var rosināt gan šūnu aktivitātes pieaugumu, gan samazināšanos, kas var rezultēties kā noteiktu orgānu vai audu aktivitātes izmaiņā, tā arī visa organisma vielmaiņas intensitātes izmaiņā. Piemēram, hipotireoze vai hipertireoze, kas ir attiecīgi pavājināta vai paaugstināta vairogdziedzera darbība, ietekmē visa organisma vielmaiņas intensitāti, jo vairogdziedzera hormoni regulē katras šūnas metabolisma aktivitāti. Šī parādība var būt iedzimta, bet reizē radusies no nepilnvērtīga uztura, tāpēc, piemēram, jāseko līdzi joda daudzumam organismā, lai vairogdziedzera darbotos optimāli (*Mullur, 2014*).

- Apkārtējās vides temperatūra – atrodoties apkārtējā vidē ārpus komfortablās temperatūras, organismā tiek mobilizēti gan aktīvi, gan pasīvi siltuma apmaiņas mehānismi, lai saglabātu organisma termālo homeostāzi. Piemēram, vairākas dienas pavadot temperatūrā, kas ir  $\sim 6^{\circ}\text{C}$  zem personai ierastās, lai nepieļautu organisma serdeņa temperatūras kritisku samazināšanos, palielinās patērētās enerģijas daudzums – galvenokārt, pieaugot uztura termogēnajam efektam un vielmaiņas intensitātei miegā. (Westerterp-Plantenga et al., 2002)

- Medikamenti vai citas vielas, piemēram, kofeīns (*Szopa et al., 2015*) un nikotīns, var palielināt metabolismu. Savukārt antidepresanti vai anabolie steroīdi var veicināt svara pieaugumu neatkarīgi no tā, ko tu ēd (*Westmore, 2010*).

### **1.2.2. Aktivitātes rosināta termogēnēze**

Tā ir visvairāk maināmā kopējās diennakts vielmaiņas intensitātes komponente. Aktivitāšu enerģijas patēriņš (AEE) jeb aktivitātes rosināta termogēnēze ir plašs jēdziens fiziskajām aktivitātēm un treniņiem cilvēkiem, jo tas atspoguļo termogēno efektu, kas ir saistīts ar visām ikdienas aktivitātēm, nevis tikai plānotu un strukturētu treniņu. Bez treniņiem ikdienā ir daudz citu darbību, ko veic cilvēki, piemēram, iešana uz darbu, rakstīšana pie datora vai dārza uzkopšanas darbi, kas nav treniņam līdzīgas aktivitātes. Tāpēc, ja runā par aktivitātes rosināto termogēnēzi, ar to saprot gan treniņu izraisīto termogēno efektu, gan ne-treniņu izraisīto termogēno efektu.

Lielākoties šāda veida aktivitātes nodrošina skeleta muskuļu darbība, tāpēc galvenokārt šī termogēnā efekta intensitāti ietekmē muskuļu aktivitātes pieaugums, taču ne tikai – arī nervu sistēmas aktivitātes palielināšanās vai funkciju hormonālās regulācijas intensitātes pieaugums (Levine, 2002; Howley, 2001).

Vairākos pētījumos ir pierādīts, ka AEE samazina mirstību gados veciem cilvēkiem (*Manini et al, 2006*), kā arī asinsspiedienu pieaugušiem cilvēkiem (*Luke et al, 2005*). Arī augstāks ne-treniņu izraisītais termogēnais efekts var novērst svara pieaugumu (Levine, 2002).

Neskatoties uz to, ka izsenis ir zināms, ka fiziskas aktivitātes labvēlīgi ietekmē organismu (asinsspiediena normalizēšana, svara kontrole u.c.), nav viennozīmīga vērtējuma, kāda tipa aktivitātes organismam ir vērtīgākas – vienreizējas slodzes, piemēram, intensīvs sporta treniņš, vai varbūt nelielas, bet biežas slodzes un tml.

Samērā nesen sākti pētījumi, kas fizisko aktivitāšu iedarbību uz organismu pēta šūnu līmenī. Ir noskaidrots, ka muskuļiem arī piemīt endokrīnas īpašības – tie ražo un izdala hormonus, kas tiek saukti par miokīniem. Tiek ierosināta ideja, ka miokīni varētu būt molekulārie mediatori, kas spēj ietekmēt visa organismu darbību, un tie rodas muskuļu šķiedrās kontrakciju laikā (*Blaauw et al., 2013*). Uzsākot fiziskās aktivitātes, hormoni izdalās un ar asinsrites palīdzību nonāk apkārtējos audos, kuri saņem, piemēram, signālu, ka ir nepieciešama pastiprināta glikozes uzņemšana un ka ir jāpalielina tauku oksidācija lielākai enerģijas iegūšanai (*Pedersen et al., 1985; Pedersen and Febbraio, 2008*).

### **1.2.3. Uztura termogēnais efekts**

Pārtikas vielu uzņemšana palielina organisma vielmaiņas intensitāti – šo enerģijas patēriņa pieaugumu dēvē par uztura termogēno efektu (TEF vai DIT), un to mēdz iedalīt divos komponentos – obligātajā termogēnēzē, kas ir saistīta ar pieaugušiem enerģētiskajiem tēriņiem gremošanas traktā (tostarp barības mehāniskā sasmalcināšana, barības vielu ķīmiskā sadalīšana un absorbcija) un siltuma produkcijā, ko nodrošina brūnie taukaudi, kas tiek aktivizēti pēc maltītes uzņemšanas, ir papildus sastāvdaļa uztura izraisītajai termogēnei (*Cannon, 2004*).

TEF ilgums novērojams vairākas stundas, tiek minēts, ka tas varētu sasniegt pat 10 stundu robežu līdz būs pilnībā beidzies (*Reed and Hill, 1996*).

Katra veida makroelementu pārstrādei patērētā enerģija atšķiras – ogļhidrātiem 5-15% no miera vielmaiņas intensitātes, olbaltumvielām 20-35%, bet taukiem ne vairāk kā 5% (*Amerman, 2015*). Augsta satura ogļhidrātu un olbaltumvielu maltītes izraisa lielāku termogēno efektu kā augsta tauku satura maltīte, tāpēc ir svarīgi sabalansēt ikdienā uzņemto uzturu. Pat nelielas izmaiņas termogēnēzē ilgtermiņā var izraisīt būtisku efektu uz ķermeņa svaru vai kopējo audu kompozīciju. Leans (*Lean, 2015*) savos pētījumos apgalvo, ka pat nesabalansētas 10-20 kcal/dienā var izraisīt 0,5-1 kilograma svara pieaugumu gadā.

Ir pierādīts, ka viens no faktoriem, kas izraisa atšķirīgu uztura izraisīto termogēno efektu, ir atšķirīgs triglicerīdu ķēžu garums. Pētījumos (*Kasai, 2002*) (*Clegg, 2012*) secināts, ka maltītes, kas satur vidēja ķēžu garuma triglicerīdus, izraisa lielāku termogēno efektu, salīdzinot ar maltītēm, kas satur garo ķēžu triglicerīdus. Līdzīgi veikti ir pētījumi (*Piers, 2002*) par termogēno efektu pēc maltīšu apēšanas, kam atšķirīgs nepiesātināto un piesātināto taukskābju daudzums –

augstāks tas ir nepiesātinātajām taukskābēm. Augstāku termogēno efektu rada arī ķīmiski strukturētie tauki, ja tos salīdzina ar dabiskajiem (*Bendixen, 2002*).

### **1.3. Enerģētisko substrātu utilizācija**

Organisma lielākā enerģijas daļa tiek iegūta oksidatīvās fosforilācijas ceļā, kā substrātu izmantojot lipīdus vai ogļhidrātus. Proteīnu izmantošana ATF resintēzei parasti ir neliela – pat veicot ilgstošu slodzi tukšā dūšā, aminoskābju oksidācija nepārsniedz 10% no kopējās enerģētiskās vielmaiņas. Lipīdu un ogļhidrātu izmantošanas proporcija ir atkarīga no dažādiem apstākļiem: konkrētajā brīdī esošās slodzes intensitāte, ikdienā lietotais uzturs – tajā esošais tauku saturs, I tipa šķiedru skaits muskuļos un metabolītu (plazmas laktāta un brīvo taukskābju) koncentrācijas asinīs (*Goedecke et al., 2000*).

Ķermeņa enerģētiskās vielmaiņas homeostāzi regulējošo mehānismu izziņāšana ir svarīga, lai varētu izprast aptaukošanās un ar to saistīto saslimšanu patoģenēzi. Relatīvi nemainīgas ķermeņa kompozīcijas noturēšana ir atkarīga no ķermeņa spējas adaptīvi pielāgot substrātu oksidāciju audos atbilstoši aktuālajai substrātu pieejamībai.

#### **1.3.1. Ogļhidrātu katabolisms šūnās**

Enerģētiskais pamatsubstrāts cilvēku organismā ir glikoze. Galvenais glikozes avots ir saharoze, ciete un glikogēna rezerves aknās, kā arī sintēzes reakcijas no aminoskābēm un laktāta. Galvenais hormons, kas ir atbildīgs par glikozes utilizāciju un glikozes homeostāzes regulāciju, ir insulīns. Insulīna iedarbībā glikozes koncentrācija asinīs samazinās, savukārt pārējie hormoni – glikagons, kortizols, adrenalīns, augšanas hormons un tiroksīns – glikozes koncentrāciju paaugstina. Glikozes uzņemšana šūnā var notikt divos veidos: pasīvās difūzijas ceļā vai ar aktīvo transportu.

Glikozei ir 10 dažādu veidu transportieri, taču biežāk pētītie ir GLUT1-4. GLUT1, GLUT2 un GLUT3 transportieri atrodas šūnu sieniņu sastāvā un to uzdevums ir nodrošināt pamatintensitāti glikozes uzņemšanai. Savukārt GLUT4 transportieri ir insulīna jutīgi un tiem ir nozīmīga loma glikozes uzņemšanā pēc maltītes, tie atrodas taukaudu un muskuļu sastāvā. Ja glikozi ir nepieciešams uzglabāt, tā var konvertēties par triglicerīdiem, kuru uzglabāšanās vieta ir taukaudi un muskuļi.

Glikozes noārdīšana jeb glikolīze var notikt aerobos vai anaerobos apstākļos atkarībā no tā brīža skābekļa pieejamības. Tas, kādos apstākļos process notiek, ir nozīmīgi – glikozes oksidēšana aerobos apstākļos rezultējas 32 molos ATP no 1 mola glikozes. Taču anaerobos apstākļos var saražot tikai 2 molus ATP enerģijas.

Aerobā glikolīze notiek 2 posmos: pirmais notiek šūnu citosolā un ietver sevī glikozes pārveidošanu par piruvātu, kam reakcijas blakusprodukts ir NADH. Šis process jau vien ģenerē 2 ATP molekulas. Ja skābeklis ir pieejams, tad NADH pieejamā brīvā enerģija tiek laista cauri reoksidācijai mitohondriju elektronu ķēdē un rezultējas vēl papildus atbrīvotos 30 ATP – kopā 32 ATP no 1 mola glikozes. Tomēr, ja ir skābekļa trūkums, šis NADH tiek reoksidēts, lai pārveidotu iegūto piruvātu par laktātu (*Bailey, 2017*).

Ir vairāki faktori, kas varētu veicināt ogļhidrātu kā substrāta izmantošanu enerģijas ieguvē, kā regulāra fiziskā slodze vai ikdienā lietotā pārtika. Pie zemas intensitātes slodzes ogļhidrātus oksidē vairāk kā taukus, jo enerģijas ieguve no tiem ir ātrāka un vieglāka, kā arī pie ļoti augstas intensitātes slodzes ogļhidrātu oksidācijā ir vērojams pārsvars, jo ir nepieciešama ātra enerģijas ieguve lielos apjomos (*Finelli et al., 2012*). Turpretī saistība starp ikdienā uzņemto pārtiku un substrātu oksidāciju ir tāda, ka organisms pielāgojas regulārāk uzņemtajām uzturvielām – kā enerģijas avotu viņš izmantos to substrātu, pie kura ir pieradis vairāk. Ir veikti pētījumi, kas pierāda, ka sievietēm, kam ir konstatēta aptaukošanās, uzņemot augsta satura lipīdu maltīti, būs lielāks svara zudums kā sievietēm, kas ievērojušas zema tauku satura diētu, lai gan sākumā tas varētu šķist neticami (*Brehm et al., 2005*).

### **1.3.2. Lipīdu katabolisms šūnās**

Taukskābju metabolisms sastāv no oksidēšanās reakcijām, kurās tiek iegūta organismam nepieciešamā enerģija, un bioloģiskiem procesiem, kuru laikā tiek izveidotas bioloģiski svarīgas molekulas, piemēram, triglicerīdi, fosfolipīdi, sekundārie mesendžeri, hormoni utt.

Tauki jeb lipīdi ir otrs nozīmīgākais substrāts enerģijas iegūšanai. Kad ir nepieciešama enerģija, taukaudu triglicerīdi sašķeļas, atbrīvojot taukskābes. Šo procesu sauc par lipolīzi. Tālāk brīvās taukskābes tiek izmantotas kā enerģijas substrāts. Tās savienojumā ar asins olbaltumu albumīnu nonāk muskuļu šūnās, kur šūnu mitohondrijos  $\beta$ -oksidācijas un Krebsa cikla reakcijās noārdās līdz ūdenim un ogļskābei gāzei, kopā iegūstot 108 ATP molekulas.

Taukskābju oksidācija ir galvenais enerģijas avots aknām un sirds muskulim, kā arī skeleta muskuļos ilgstošas aerobās slodzes laikā. Vēl pastiprināta tauku izmantošana notiek psihoemocionālā un aukstuma izraisīta stresa apstākļos (*Houten and Wanders, 2010*).

## **1.4. Uzņemto enerģētisko substrātu metabolisms šūnās**

Visi dzīvie organismi, tā skaitā cilvēks, ir dinamiskas sistēmas, kuru darbības nodrošināšanai ir nepieciešama enerģija. Lai iegūtu enerģiju, ir jāuzņem uzturvielas, kas nodrošinās tādu dzīvības procesus kā augšanu, reprodukciju, organisma iekšējās vides homeostāzi, organisma struktūru atjaunošanos u.c. Uzturvielas, ko uzņem lielākā daudzumā, ir ogļhidrāti, olbaltumvielas un tauki. Taču papildus galvenajām uzturvielām ir vēl vitamīni, kuri atrodas graudos, pilnpienā, svaigos dārzeņos un augļos, un minerālvielas, kuras sastopamas praktiski visa veida pārtikā.

Barošanās sākas ar ēšanu, kurai seko gremošanas procesi. To laikā uzturvielas tiek sašķeltas līdz monomēriem (aminoskābēm, monosaharīdiem un taukskābēm), kas ir nepieciešams, lai tos spētu absorbēt gremošanas trakta sienas epitēlijšūnās, no kurām tālāk monomēri tiek transportēti vai nu asinīs, vai limfā un tad – asinīs. Asinīs nonākušās molekulas tiek uzņemtas šūnās, kur aerobās glikolīzes vai taukskābju beta oksidācijas ceļā nodrošina ATF produkciju. Uzturvielas tiek sagremotas dažādos veidos, bet to vidējais uzturēšanās laiks kuņģī ir 3-4 stundas un kopējais gremošanas laiks ilgst aptuveni no 24 līdz 72 stundām (*Kong and Singh, 2008, World of Anatomy and Physiology, 2007*).

### **1.4.1. Ogļhidrātu šķelšana un absorbcija**

Ogļhidrāti, ko pamatā uzņem vairums cilvēku ar uzturu, ietver vienkāršos cukurus (glikozi un fruktozi), kas atrodami, piemēram, augļos, disaharīdus (laktozi un saharozi), piemēram, piena produktos un kompleksos ogļhidrātus (cieti un glikogēnu), kas atrodas graudos. Cieti veido taisnās ķēdes glikozes polimērs amiloze un sazarots glikozes polimērs amilopektīns. Glikogēns ir molekula, kurās veidā dzīvniekos noglabājas polisaharīdi un tā struktūra ir līdzīga amilopektīnam, bet ar vairāk sazarojuma vietām. Ogļhidrāti vidēji cilvēka ēdienkartē sastāda 40-45% no kopējā dienā uzņemto kaloriju skaita (*Boron et al., 2009*).

Šo kompleksu gremošana sākas jau mutē ar siekalās esošā enzīma, amilāzes, palīdzību. Siekalu amilāzi deaktivē zems pH līmenis, tas nozīmē, ka, norijot kumosu, enzīms kuņģī paliek aktīvs tik ilgi, kamēr nenonāk saskarē ar kuņģa skābi. Ja ir ticis norīts liels ēdiena kumoss, tad tā iekšienē amilāze var turpināt sadalīt saliktos ogļhidrātus kuņģī tik ilgi, līdz nonāks saskarē ar kuņģa skābi. Tādējādi līdz 30-40% komplekso ogļhidrātu var tikt sagremoti pirms nonāk tievajā zarnā.

Tālāk caur Oddi sfinkteri aizkuņģa dziedzera sula nonāk tievās zarnas lūmenā un tās augstā bikarbonātu koncentrācija sāk neitralizēt kuņģa skābi. Reizē šim procesam aizkuņģa dziedzera amilāze, kuras uzbūve ir ļoti līdzīga siekalu amilāzei, nonāk divpadsmitpirkstu zarnā, kas ir tievās zarnas sākuma posms, un turpina noārdīt kompleksos ogļhidrātus maltozē, izomaltozē, trisaharīdos, lielākos oligosaharīdos un dekstrīnos. Pirms notiek cietes hidrolīzes produktu, di-, tri- un oligosaharīdu, absorbcija, ir nepieciešami papildus gremošanas procesi, kas tos pārvērstu monosaharīdos. Šie cietes hidrolīzes produkti tālāk jānoārda ar disaharidāžu palīdzību, kas atrodas zarnu epitēlijšūnu plazmatiskajā membrānā.

Vēl zarnu bārkstiņu gļotādā atrodas tādi enzīmi kā maltāze, saharozes-izomaltāzes komplekss,  $\beta$ -glikozidāzes komplekss, kas ietver laktāzi un glikozil-keramidāzi, u.c. Saharozes-izomaltāze un  $\beta$ -glikozidāze savu augstāko aktivitāti sasniedz proksimālajā tukšajā zarnā, kas ir tievās zarnas beigu daļa (Devlin, 2002). Ogļhidrāti, kas netika sašķelti un absorbēti tievajā zarnā, tālāk nonāk resnajā zarnā, kur tie tiek daļēji sadalīti, pateicoties zarnu trakta esošajām baktērijām, un vēlāk izdalās ekskrementos (Lieberman, 2009).

## **1.4.2. Olbaltumvielu šķelšana un absorbcija**

Olbaltumvielas jeb proteīni lielā daudzumā atrodamas dzīvnieku izcelsmes produktos, piemēram, pienā, olās un gaļā, kā arī pākšaugos, riekstos un dārzeņos, piemēram, brokoļos un kartupeļos. Lai sašķeltu dienas uzturā uzņemtos proteīnus aminoskābēs vai mazākos peptīdos, ir nepieciešami vairāki proteolītiskie enzīmi. Olbaltumvielu šķelšana sākas kuņģī, darbojoties proteāzes pepsīnam. Pepsīns izdalās kuņģa gļotādā kā pepsinogēns, kas ir lielāka un neaktīva enzīma forma, pazīstama arī kā zimogēns. Kuņģa skābe, ko izdala parietālās šūnas, izraisa pepsinogēna konformācijas izmainīšanos, lai tas varētu sev pieķerties un kuņģī kļūt par aktīvu pepsīnu. Kuņģa skābe pati arī denaturē proteīnus, kas daļēji tos atraisa, tādējādi nodrošinot

proteāzēm labāku piekļuvi peptīdsaitēm. Pepsīns kuņģī sāk proteīnu hidrolīzi līdz mazākiem polipeptīdiem.

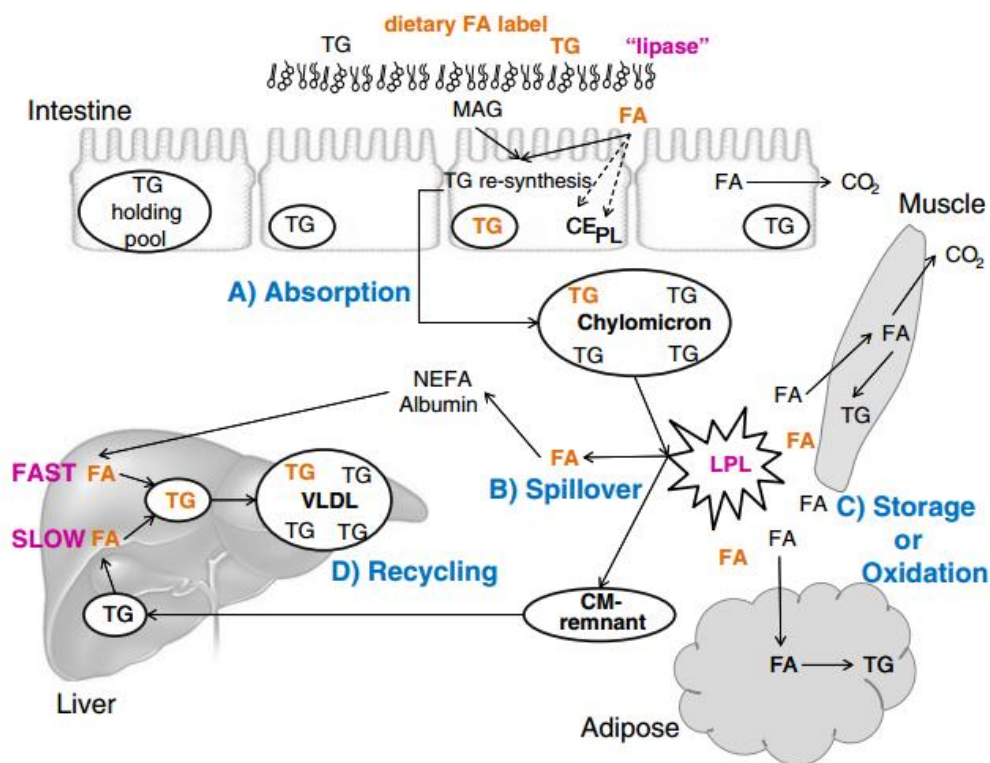
Kad daļēji sagremotais kumoss nonāk tievajā zarnā, caur Oddi sfinkteri izdalās aizkuņģa dziedzera proteāzes fermenti kopā ar aizkuņģa dziedzera bikarbonātu. Bikarbonāti sāk neitralizēt kuņģa skābi un paaugstināt pH līmeni uz vairāk optimālu aizkuņģa dziedzera proteāzes darbībai. Aizkuņģa dziedzera proteāzes visas tiek sekretētas kā zimogēni, tāpēc tās nav aktīvas, kamēr atrodas aizkuņģa dziedzerī, jo pretējā situācijā tas izraisītu pankreatītu. Tripsinogēns tiek sašķelts, lai veidotu tripsīnu enteropeptidāzes klātbūtnē, tukšās zarnas mikrobārktīņās esošu enzīmu, kas var tikt atbrīvots žultsskābju sāļu darbības ietekmē, kā arī notiek zimogēnu pārvēršana aktīvajās formās ar tripsīna palīdzību. Pēc tam aizkuņģa dziedzera proteāzes (tripsīns, himotripsīns, elastāzes, un karboksipeptidāzes) sāk polipeptīdu šķelšanu par oligopeptīdiem un aminoskābēm. Tālāk daži no oligopeptīdiem tiek hidrolizēti par brīvām aminoskābēm un di- vai tripeptīdiem ar aminopeptidāžu jeb bārktīņu membrānās esošu enzīmu palīdzību, savukārt citi specifiskie transporta proteīni atvieglo aminoskābju un di- un tripeptīdu plūsmu cauri bārktīņu membrānai uz eritrocītiem, lai absorbētos. (Devlin, 2002, Lieberman, 2013).

### **1.4.3. Lipīdu šķelšana un absorbcija**

Rekomendētais tauku jeb lipīdu daudzums, ko uzņemt ikdienā ar uzturu, ir 20-35%. Tauki ir daudzu produktu sastāvā, bet lielākā daudzumā tie atrodami eļļās, sviestā, sierā, pilnpienā, riekstos, gaļā un zivīs. Ar uzturu uzņemtie tauki ir triglicerīdi (90-95%), holesterols, fosfolipīdi, citi lipīdi piemēram, taukos šķīstošie vitamīni (Iqbal, Hussain 2009).

Taukos šķīstošie blakusprodukti, kas radušies gremošanas procesos un kas tika šķīdināti sāļu iekšpusē jauktajās micellās žultsskābju sāļos, sasniedz enterocītu membrānu. Šeit taukskābes pamet jauktās micellas, lai difūzi šķērsotu fosfolipīdu dubultslāni vai uz laiku kļūtu par lipīdu šūnu membrānas sastāvā. Turpretī vidējā garuma taukskābes, kas ir ūdenī šķīstošas, viegli šķēršo ūdens slāni tievo zarnu lūmenā, vēl pirms enterocīti tās ir uzņēmuši caur membrānu. Enterocīti šī tipa taukskābes pārsūta tieši uz aknu vārtu vēnas asinīm, lai tās tiktu aiztransportētas uz aknām un saistītos pie seruma albumīna. Lai gan īso ķēžu taukskābes ir gan ūdenī, gan taukos šķīstošas, tās neuzsūcas tievajā zarnā. Īso ķēžu taukskābes nav atrodamas pārtikā un tādējādi parādās gremošanas traktā jeb resnajā zarnā tikai pēc nesagremoto tauku noārdīšanas ar baktērijām, kā rezultātā to sintēze un absorbcija pārsvarā notiek tieši resnajā zarnā. Savukārt žults sāļi no

jauktajām micellām paliek zarnu lūmenā un vēlāk tiek absorbēti līkumainajā zarnā aktīvā transporta ceļā (Mansbach, 2007, Iqbal, 2009).



1.1. attēls. Ar uzturu uzņemto tauku absorbcija un metabolisms. A – taukskābju (FA) un monoaciglicerola (MAG) absorbcija enterocītā, B – taukskābju izplūšana uz plazmas neesterificēto taukskābju (NEFA) baseinu vai deponēšanās aknās vai citos audos, C – no uztura iegūto taukskābju (FA) noglabāšana vai oksidācija muskuļos vai taukaudos, D – hilomikrona atlikuma (CM-remnant), kurā ir triglicerīda (TG) paliekas, pāriešana zema blīvuma lipoproteīnā (VLDL) (Lambert and Parks, 2012).

Figure 1.1. Dietary fat absorption and metabolism. A – fatty acid (FA) and monoacylglycerol (MAG) absorption into the enterocyte, B – fatty acid “spillover” into the plasma nonesterified fatty acid (NEFA) pool or deposit into liver or other tissues, C – dietary-derived fatty acid (FA) storage or oxidation into muscles or adipose, D – chylomicron-remnant (CM-remnant) with the triglyceride (TG) remaining in the particle repackaged into very low density lipoprotein (VLDL) (Lambert and Parks, 2012).

## 2. Materiāli un metodes

Tā kā bakalaura darba pētījuma mērķis bija novērtēt, vai regulārai fiziskai slodzei ir noturīga ietekme uz organisma enerģētisko vielmaiņu miera apstākļos, piedalīties pētījumā tika aicinātas 14 jaunas, klīniski veselas sievietes vecumā no 21 līdz 28 gadiem, no kurām sešas spēlēja florbola komandā un regulāru treniņu laikā (3-4 reizes nedēļā) veica augstas intensitātes jauktu (aerobu/anaerobu) slodzi, savukārt astoņas sievietes ir ar zemu kustību aktivitāti ikdienā. Izmantojot anketēšanas metodi, noskaidroja precīzāku ikdienas fiziskās aktivitātes līmeni, kā arī – ikdienas uztura paradumus. Pētījumā netika iekļautas arī sievietes, kas pēdējā gada laikā būtu dzemdējušas.

Gatavojoties izmeklējuma dienai, pētījuma dalībnieki bija lūgti ievērot noteiktu fiziskas slodzes un uztura režīmu. Izmeklējumu veikšanas dienā personām bija jāapēd testa maltīte ar augstu tauku saturu, personām veica antropometriskus un ultrasonogrāfiskus mērījumus ķermeņa audu kompozīcijas noteikšanai, veica elpojamā gaisa sastāva analīzi vielmaiņas intensitātes un enerģētiskā substrāta izmantojamības noteikšanai, kā arī veica kapilāro asiņu paņemšanu glikozes un triglicerīdu koncentrācijas noteikšanai.

Pirms mērījumu veikšanas izmeklējamās personas tika informētas par darba gaitu un rakstiski apliecināja savu dalību pētījumā. Pētījumā iegūtos rezultātus ievadīja protokolā, kurš atrodas 3. pielikumā.

### 2.1. Pētījuma dizains/plānojums

Pētījuma dalībnieču **kustību aktivitāte** tika izvērtēta ar Pasaules Veselības organizācijas izstrādāto un ieteikto fiziskās aktivitātes anketu, kas ir iztulkota latviešu valodā un tika nosūtīta elektroniskā veidā.

**Uztura paradumi** tika vērtēti, izmantojot pārtikas produktu patēriņa biežuma anketu, kurā bija jāatzīmē ikdienā lietoto produktu grupas, to patēriņa biežumu, kā arī tipiskās uzņemtās porcijas lielumu.

Lai pētījumā izvairītos no neparedzētu faktoru ietekmes, personām bija jāievēro noteikts **fiziskas slodzes un uztura režīms** neilgā periodā (divas dienas) pirms mērījumu veikšanas dienas. Pētījuma dalībniecēm bija jāuzņem uzturs ar noteiktu kalorisko vērtību un uzturvielu proporcijām. Plānojums ar maltīšu piemēriem tika sagatavots pirms tam un nosūtīts katrai

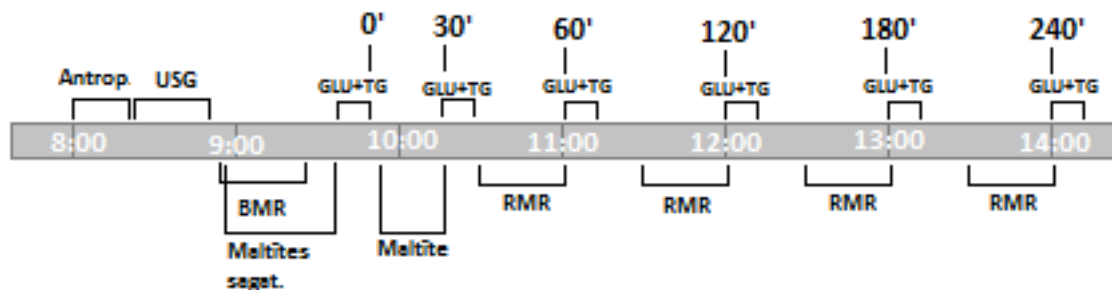
izmeklējamajai personai (2. pielikums). Laika periodā pirms mērījumiem nedrīkstēja lietot alkoholu saturošus dzērienus un enerģijas dzērienus.

Personām paredzētais enerģijas daudzums vienai dienai tika iegūts, aprēķinot personu BMR pēc Harisa-Benedikta formulas, pamatojoties uz anketas rezultātiem, un aprēķinot diennaktī patērētās enerģijas daudzumu, pieņemot, ka šajās dienās veiks zemas-vidējas intensitātes aktivitātes. Harisa-Benedikta (*Harris and Benedict, 1919*) formula pamatvielmaiņas aprēķinam sievietēm:

$$655 + 9,65 \times \text{ķermeņa masa [kg]} + 1,85 \times \text{auguma garums [cm]} - 4,68 \times \text{vecums [gadi]}$$

Šajā pirmsmērījumu laikā bija arī jāizvairās no vidējas un augstas intensitātes fiziskas slodzes (piemēram, treniņzāles apmeklējuma, vakara skrējiena u.tml.), lai maksimāli precīzi novērtētu tikai ar uzturvielu izmantošanu saistīto enerģijas patēriņu organismā.

Iepriekš norunātajā mērījumu veikšanas dienā izmeklējamās personas ieradās Latvijas Universitātes Dabaszinātņu akadēmiskajā centrā, Bioloģijas fakultātes Cilvēka un dzīvnieku fizioloģijas katedras vielmaiņas laboratorijā no rīta plkst. 8:00.



2.1. attēls. Mērījumu dienas plānojums

Figure 2.1. Plan of the measurement day

Kad izmeklējamās personas ieradās uz mērījumiem, viņas tika iepazīstinātas ar mērījuma plānojuma gaitu un mērījumu protokolu. Mērījumi plkst. 8:00 iesākās ar antropometrisku parametru noteikšanu, kuriem sekoja ultrasonogrāfisko (USG) parametru noteikšana. Šiem mērījumiem kopā veltīja aptuveni stundu. Pēc tam notika respirometrijas mērījumi, lai noteiktu bazālās vielmaiņas intensitāti (BMR), elpošanas koeficientu, elpojamo gāzu tilpumus. Reizē ar šiem mērījumiem tika uzsākta arī testa maltītes pagatavošana. Pēc bazālās vielmaiņas reģistrēšanas sekoja pirmie asins analīžu mērījumi (GLU+TG) tukšā dūšā aptuveni plkst. 10:00.

Šajā laikā pēc gāzu maiņas intensitātes iegūtie enerģētiskās vielmaiņas rādītāji un pirmie asins analīžu rezultāti turpmākajā darba tiek atspoguļoti pie laika atzīmes  $t=0'$  un kalpo kā šo parametru fizioloģiskā miera rādītāji.

Pēc fizioloģiskā miera parametru reģistrēšanas izmeklējamajām personām tika dots laiks (aptuveni 30 minūtes) testa maltītes apēšanai, kurai tālāk sekoja otrie asins analīžu mērījumi. Kopš šī brīža četras reizes atkārtojās miera vielmaiņas intensitātes mērīšana, pēc kuras katru reizi sekoja asins analīzes – abi mērījumi notika reizi stundā.

## 2.2. Ķermeņa masas noteikšana un antropometriskie mērījumi

Bakalaura darbā izmantoja tos ķermeņa mērus, kurus gan bieži izmanto ķermeņa audu kompozīcijas raksturošanai, gan pēc kuriem literatūras dati uzrāda augstu ticamību ar izmainītu ķermeņa masu saistītu slimību prognozē.

Darbā nomērīja ķermeņa svaru un augumu, kas tika izmantoti ķermeņa masas indeksa aprēķinā.

Izmeklējamās personas **ķermeņa svaru** noteica, izmantojot mehāniskos svarus, personai novelkot iekštelpu apģērbu un apavus. Kad persona bija apstājusies uz svāriem, tika nolasīts mērījums ar precizitāti 1 kg.

**Auguma garums** tika mērīts, izmantojot antropometru. Izmeklējamā persona bez apaviem nostājās ar muguru pret sienu tā, lai ar to saskartos pakauša daļa, lāpstiņas, sēžas vieta un papēži. Personas skatiens tika vērsts taisni uz priekšu. Kamēr persona atradās šādā stāvoklī, antropometra plāksnīte tika novirzīta uz leju tik tālu, līdz tā saskārās ar galvas vidusdaļu, un uz lineāla tika nolasīts mērījums ar precizitāti 0,1 cm.

**Ķermeņa masas indeksu** aprēķināja pēc formulas:

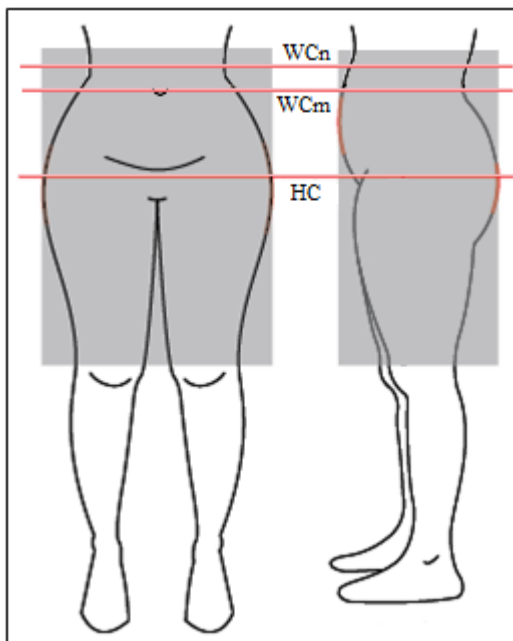
$$KMI = \text{svars [kg]} / (\text{augums [m]})^2.$$

Lai iegūtu **vidukļa-gurnu proporcijas** rezultātus, ir nepieciešams izmērīt atsevišķi vidukļa un atsevišķi gurnu apkārtmēru, kur pēc tam iegūtos lielumus izmanto formulā:

$$WHR = WCm [cm] / HC [cm].$$

**Vidukļa apkārtmēru** noteica divās vietās, kur pēc tam iegūtos rezultātus salīdzināja. Pirmo mērījumu, izmantojot mērlenti, veica pēc acumēra noteiktajā šaurākajā vidukļa zonā (WCn), bet otru mērījumu veica viduspunktā (WCm) starp pēdējo sataustāmo ribu un zarnu kaula šķautni, kas cilvēkiem ar normālu ķermeņa masas indeksu sakrīt ar nabas atrašanās vietu. Mērījums tika veikts uz plikas ādas un personai stāvot tā, lai kājas atrastos nedaudz atstātas viena no otras, bet rokas atrastos brīvi gar sāniem un vēdera muskulatūra netiktu sasprindzināta vai elpa aizturēta. Apkārtmēru fiksēja izelpas beigās ar precizitāti līdz 0,1 cm.

Nosakot **gurnu apkārtmēru** (HC), rīkojās līdzīgi. Pēc acumēra noteica platāko gurnu daļu, kur pēc tam aplika mērlenti, personai stāvot ar kājām kopā, pēc iespējas plānākā apģērbā un nenasprindzinot sēžas muskuļus. Vizuāli novērtēja mērlentes pareizu novietojumu, pēc kā mērījumu fiksēja ar precizitāti 0,1 cm.



2.2. attēls. WC un HC mērījumu vietas

Figure 2.2. Measurement sites of the WC and HC

**Sagitālais abdominālais diametrs** (SAD) personām tika noteikts, atrodoties guļus stāvoklī uz muguras, mērījumu veicot uz plikas ādas, izmantojot vēdera slīdkaliperi (Holtain Kahn), ko novietoja 2-3 cm virs zarnu kaula šķautnes. Kalipera pamatni novietoja zem personas

muguras, augšējo kājiņu virzīja uz leju līdz tā saskaras ar vēdera virsmu, nosakot ķermeņa biezumu no muguras lejasdaļas līdz vēdera virsmai izelpas brīdī ar precizitāti 0,1 cm. Mērījumus veica gan ķermeņa labajā, gan kreisajā pusē, vēlāk aprēķinot vidējo rādītāju.



2.3. attēls. SAD mērījums ar kaliperu

Figure 2.3. Measurement with calliper of the SAD

**Ādas-tauku kroku kaliperēšanu** veica, lai aprēķinātu izmeklējamo personu relatīvo ķermeņa taukaudu daudzumu. Mērījumus veica sekojošām ādas-tauku krokām:

- Augšdelma priekšpusēs jeb bicepsa tauku kroka – stāvot kājās, rokām karājoties brīvi gar sāniem, viduspunktā starp plecu un elkoni virs bicepsa muskuļa.
- Vēdera jeb abdominālā tauku kroka – stāvot kājās, nenasprindzinot vēdera muskulatūru, 5 cm no nabas pa labi, kroku ņemot gareniskā virzienā, ja salīdzina ar ķermeņa auguma garuma asi – tai paralēli.
- Virs-zarnu kaula jeb suprailiākālā tauku kroka – stāvot kājās, nenasprindzinot vēdera muskulatūru, 2 līdz 3 cm attālumā virs gūžas kaula virzienā slīpi uz leju.
- Augšdelma mugurpusēs jeb tricepsa tauku kroka – stāvot kājās, rokām karājoties brīvi gar sāniem, viduspunktā starp plecu un elkoni virs tricepsa muskuļa.
- Zemlāpstiņas jeb subskapulārā tauku kroka – stāvot kājās, mugurpusē zem lāpstiņas, kroku ņemot ieslīpi uz leju virzienā uz to pusi, kurā ķermeņa pusē (labajā vai kreisajā) attiecīgi kroku mēra. Ja ir problēmas lāpstiņu atrast, tad personai

palūdz, piemēram, aizlikt roku aiz muguras un pēc tam mēģināt sataustīt lāpstiņu šādā veidā.

- Augšstilba priekšpusē tauku kroka – stāvot uz pretējās kājas, nevis tās, kurai veic mērījumus (tai jābūt atslābinātai), augšstilba viduspunktā.
- Apakšstilba mugurpusē tauku kroka – sēžot uz krēsla ar kājām saliektām 90 grādu leņķī, kroku ņemot iekšpusē virs iekšējā muskuļa.

Ar Harpendera ādas-tauku kroku kaliperi (GIMA, Italy) noteica kroku biezumu nosacītās vienībās, ko vēlāk izmantoja, lai izrēķinātu krokas absolūto biezumu metriskās mērvienībās, kuras ieguva izmantojot formulu:

$$Kr = 7.6659 * X + 0.151,$$

kur X – ar kaliperi iegūtais krokas biezums (nos. vien.), Kr – krokas biezums (milimetros).

Izrēķinātās kroku absolūtās vērtības izmantoja tālākajā rezultātu apstrādē, no tiem aprēķinot  $\text{KT}\%$ .

### **Ķermeņa relatīvā taukaudu daudzuma noteikšana ar ādas-tauku kroku kaliperēšanas metodi:**

Izmantojot ādas tauku kroku mērījumus, kā arī informāciju par personu vecumu un dzimumu,  $\text{KT}\%$  var tikt aprēķināts pēc dažādām formulām, kurās katrā ir nepieciešamas atšķirīgas tauku krokas. Šajā darbā tika izmantotas 2 veidu formulas:

Durnina un Vomersleja (*Durnin and Womersley, 1974*) formula tiek pielietota, lai aprēķinātu ķermeņa blīvumu (D), kuru ievietojot Siri (*Siri, 1961*) vienādojumā, tiek aprēķināts relatīvais tauku daudzums.

$$\text{Formula sievietēm no 20 līdz 29 gadiem: } D = 1,1599 - 0,0717 * \log(X);$$

kur X = bicepsa, tricepsa, virs zarnu kaula šķautnes un zemlāpstiņas tauku kroku vērtību summa [mm].

$$\text{KT}\% = (495 / D) - 450$$

Juhaža (Yuhasz, 1974) formula – uzreiz, izmantojot noteiktas ādas tauku krokas, tiek aprēķināts relatīvais tauku daudzums.

Formula:

$$KT\% = (0,1548 * X) + 3,580,$$

kur X = tricepsa, zemlāpstiņas, virs zarnu kaula šķautnes, vēdera, augšstilba priekšpusē un apakšstilba mugurpusē tauku kroku vērtību summa [mm].

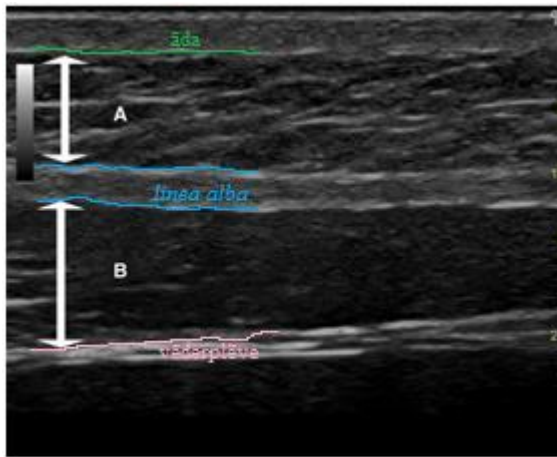
### 2.3. Ultrasonogrāfiskie mērījumi

Lai raksturotu izmeklējamo personu abdominālo taukaudu daudzumu, veica mērījumus ar portatīvo ultraskaņas iekārtu GE LOGIQ e model TWADP100. Mērījumiem izmantoja divu veidu zondes – lineāro (12L-RS) un izliekto (4C-RS), kuru darba frekvenču diapazons ir attiecīgi 5-13 MHz un 2-5,5 MHz.

Precīzi sekojot literatūrā aprakstītiem mērījumu protokoliem, noteiktās anatomiskās vietās ar ultrasonogrāfa elektronisko kaliperi nomērīja abdominālo taukaudu biezumu (mm). Ultrasonogrāfijas mērījumu laikā izmeklējamā persona atradās guļus stāvoklī uz muguras ar rokām nolaistām uz leju, mērījumus fiksēja izelpas brīdī. Katrs mērījums tika veikts trīs reizes.

**Maksimālais preperitoneālais taukaudu biezums (PFT)** – mērījumu veica pakrūtes reģionā, izmantojot lineāro zondi. Zondi novietoja tieši zem krūšu kaula ķīleņveida izauguma uz iedomātas līnijas, kas savienojas ar nabu. Sākumā zondi novieto šķērseniski mazliet zemāk prom no ribām, bet tad lēnām virza uz augšu, fiksējot brīdī, kad tiek sasniegts maksimālais slāņa biezums. Pie maksimālā atrastā PFT biezuma zondi pagriež gareniskā virzienā un nomēra attālumu starp vēderplēves parietālo lapiņu, kas klāj aknas, un vēdera taisnā muskuļa *linea alba* posterioro virsmu.

**Minimālais zemādas taukaudu biezums (SATmin)** – tiek mērīts anatomiski tajā pašā vietā, kur PFT. Mērījumam arī izmantoja lineāro zondi, kuru novietoja gareniski, nosakot minimālo attālumu starp *linea alba* un ādas posterioro virsmu.



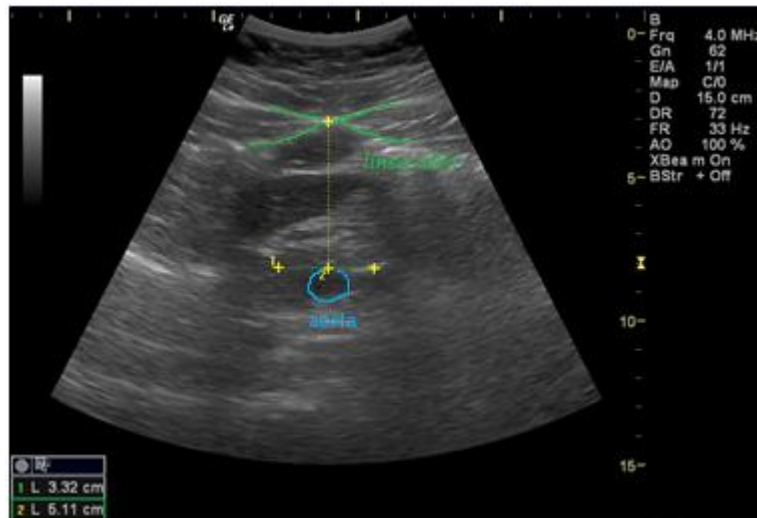
2.4. attēls. Preperitoneālo taukaudu biezuma (PFT) un zemādas taukaudu biezuma (SATmin) mērījumi ar ultrasonogrāfu. A – minimālais zemādas taukaudu biezums (SATmin), B – maksimālais preperitoneālais taukaudu biezums (PFT) (*Bateer Shi et al., 2014*)

Figure 2.4. Preperitoneal fat thickness (PFT) and minimum subcutaneous fat thickness (SATmin) measured by ultrasonography. A – minimal subcutaneous fat thickness (SATmin), B - Preperitoneal fat thickness (PFT) (*Bateer Shi et al., 2014*)

No abiem lielumiem aprēķināja abdominālo sieniņas tauku indeksu jeb vienkārši **abdominālo indeksu** pēc formulas:

$$WFI = SATmin[mm] / PFT[mm].$$

**Intraabdominālais taukaudu biezums (IAT)** – mērījumus veica apmēram 5 cm augstumā virs nabas, izmantojot izliekto zondi, kuru novietoja šķērseniski. Sameklēja salīdzinoši lielāko pulsējošo asinsvadu, kurš sonogrāfa ekrānā izskatās pēc pulsējošas caurules. Bet jāpievērš uzmanība tam, lai atrastā asinsvada forma būtu apaļa, jo mazliet ovālas formas asinsvadi ir vēnas, un tam, lai mērījuma fiksēšanas brīdī vēdera muskuļi attēlā atrastos simetriski. Nomērīja attālumu starp vēdera aortas anterioro sieniņu un *linea alba* posterioro virsmu.



2.5. attēls. Intraabdominalā taukaidu biezuma (IAT) mērījums ar ultrasonogrāfu  
 Figure 2.5. Intra-abdominal fat thickness (IAT) measured by ultrasonography

**Maksimālais zemādas taukaidu biezums (SATmax)** – mērījumus veica divās vietās: 2 cm virs nabas (SATmax1) un 2 cm zem nabas (SATmax2). Izmantoja lineāro zondi, kuru novietoja šķērseniski, nosakot maksimālo attālumu starp *linea alba* un ādas posterioro virsmu.

## 2.4. Vielmaiņas intensitātes noteikšana ar netiešās kalorimetrijas metodi

Vielmaiņas intensitātes noteikšanai izmantoja netiešās kalorimetrijas metodi, kas ir pasaulē atzīta par standartmetodi vielmaiņas intensitātes noteikšanai ar augstu precizitāti. Tā ir neinvazīva metode, ar kuras palīdzību ieelpotajā gaisā tiek fiksēts skābekļa ( $O_2$ ) tilpums, un izelpotajā gaisā – ogleņskābās gāzes ( $CO_2$ ) tilpums. Mērījumi balstās uz pieņēmumu, ka viss ieelpotais skābeklis tiek patērēts uzturvielu oksidācijai mitohondrijos, un izelpotā  $CO_2$  rodas tikai oksidatīvās fosforilācijas ceļā.

Mērījumiem tika izmantots portatīva metabometrijas sistēma VO<sub>2000</sub> (MedGraphics), kas ir viena no visbiežāk izmantotajām iekārtām vielmaiņas pētījumos. Metabometrijas sistēma sastāv no sejas maskas, kurā ir atvere elpojamā gaisa plūsmi, savienotājcaurules, gāzu analizatora, kā arī datora, kurā ir instalēta elpošanas gāzu reģistrēšanas un analizēšanas programma (BreezeSuite). Programma tika iestatīta mierīgas elpošanas reģistrēšanai, pie gaisa

plūsmas veida izvēloties „*low flow*” režīmu. Pirms katra mērījuma tika veikta iekārtas auto-kalibrēšana, izmantojot telpā esošā gaisu.

Sejas maska tika uzlikta tā, lai nosegtu degunu un muti, un elpojot gaisa plūsma notiktu tikai caur tam paredzēto atveri. Ja maska bija uzlikta nepareizi, programmā reģistrētie elpošanas un vielmaiņas rādījumi bija neprecīzi, tādēļ pēc mērījuma uzsākšanas par maskas korektu uzlikšanu pārliecinājās, izvērtējot reģistrēto parametru ticamību – ja tie bija acīmredzami aplami (piemēram, elpošanas koeficients, elpošanas frekvence vai elpošanas tilpums), mērījumu pārtrauca un, pieregulējot masku, datu reģistrāciju atsāka.

Katram pētījuma dalībniekam gāzu maiņas mērījumus veica piecas reizes, vienam mērījumam ilgstot aptuveni 30 minūtes (2.1. attēls). Pirmais mērījums atspoguļo izmeklējamās personas pamatvielmaiņas intensitāti jeb bazālo vielmaiņas intensitāti (BMR), jo tika ievēroti strikti nosacījumi gan pirms mērījuma veikšanas, gan gāzu maiņas pieraksta laikā: aptuveni 10-12 stundas pirms mērījuma personas nebija ēdušas un nebija veikušas fiziskas aktivitātes, kas prasa īpašu piepūli; vismaz 30 minūtes pirms gāzu tilpumu reģistrācijas atradās guļus stāvoklī, ļaujot organismam adaptēties laboratorijas apstākļiem; mērījuma laikā persona atradās guļus vai pusguļus stāvoklī, ievēroja psihisku mieru, izvairoties no simpātiskās nervu sistēmas aktivitātes pieauguma; temperatūra mērījuma laikā bija 22-25°C, nepieciešamības gadījumā tika iedota sega, lai izvairītos no muskuļu tonusa palielināšanās.

Visi tālākie gāzu maiņas mērījumi notika ik stundu pēc maltītes uzņemšanas, un tos veica līdzīgi pirmajam – mērījumam ilgstot apmēram 30 minūtes un ievērojot tādus pašus miera apstākļus reģistrācijas laikā. Tomēr, tā kā tie sekoja pēc testa maltītes apēšanas, tie jāuzskata par miera vielmaiņas intensitātes mērījumiem (RMR). Miera vielmaiņas intensitātes mērījuma brīdī izmeklējamajām personām atļāva skatīties filmu, lietot mobilo telefonu vai lasīt grāmatu.

Darbā izmantotā gāzu maiņas analīzes sistēma atspoguļo gan elpojamā gaisa gāzu sastāvu – ieelpotā skābekļa tilpums ( $VO_2$ , mL/min), izelpotās ogļskābās gāzes tilpums ( $VCO_2$ , mL/min) –, gan to tiem atvasinātus lielumus: elpošanas koeficients (RER), vielmaiņas intensitāte (MR, kcal/24h). Elpošanas koeficients tiek rēķināts, dalot izdalītās ogļskābās gāzes tilpumu ar patērēto skābekļa daudzumu. Vielmaiņas intensitāte tiek aprēķināta programmā pēc modificētās Veira (Weir, 1949) formulas:

$$MR = (3,941 * Vo_2 + 1,106 * Vco_2) * 1,440,$$

kur MR – vielmaiņas intensitāte [kcal/24h],  $Vo_2$  – skābekļa patēriņš [mL/min],  $Vco_2$  – ogļskābās gāzes produkcija [mL/min].

Ar iekārtu tika reģistrēti arī citi parametri, piemēram, ventilācijas rādījumi, kā elpošanas tilpums un frekvence u.c., kas tika izmantoti, lai pārliecinātos par pareizu mērījuma gaitu, tomēr šie lielumi tālāk pētījumā netika analizēti.

Tālākos aprēķinos rezultātu analīzē neizmantoja visa intervāla laikā veiktos, aptuveni 30 minūšu garos datus. Pirmo piecu minūšu pierakstu neizmantoja, jo šajā pieraksta brīdī persona adaptējās apkārtējiem apstākļiem. Analīzei tika izvēlēts laika periods, kas ilgst vidēji 10 minūtes, no šajā pierakstā esošajiem datiem pēc tam aprēķināja vidējos lielumus:  $VO_2$ ,  $V_{CO_2}$ , RMR, RER. Izvēlētajā laika periodā pārliecinājās, ka pieraksts ir stabils un rādījumi nevariē vairāk par 10%, kā arī elpošanas koeficients ir mazāks par 1.

Darbā tika rēķināts arī **malūtītes izraisītais termogēnais efekts jeb TEF** katrā izmeklējamajā grupā. Lai iegūtu TEF lielumu, katrai personai katrā stundā tika rēķināta starpība starp miera vielmaiņas un bazālās vielmaiņas intensitāti, vēlāk šo starpību izteica procentos un apzīmēja ar  $\Delta RMR\%$ .



2.6. attēls. Netiešās kalorimetrijas mērījumi ar metabometru

Figure 2.6. Indirect calorimetry measurement with metabometer

## 2.5. Substrāta oksidācijas aprēķināšana

Izmantojot ar netiešās kalorimetrijas metodi reģistrēto ieelpotajā gaisā esošā skābekļa tilpumu un izelpotās ogļskābās gāzes daudzumu, tika aprēķināta tauku un ogļhidrātu oksidācijas intensitāte pirms maltītes uzņemšanas un laikā pēc maltītes uzņemšanas. Aprēķinam izmantoja Peronnet un Massicotte 1991. gadā izveidotās stehiometriskās formulas, pieņemot, ka proteīnu oksidācija ir nenozīmīga:

$$\text{Ogļhidrātu oksidācija intensitāte} = 4,585 * V_{CO_2} - 3,226 * V_{O_2},$$

$$\text{Tauku oksidācija intensitāte} = 1,695 * V_{O_2} - 1,701 * V_{CO_2},$$

Kur  $V_{O_2}$  – skābekļa patēriņš [mL/min],  $V_{CO_2}$  – ogļskābās gāzes produkcija [mL/min], un ogļhidrātu un tauku oksidācijas intensitāte [g/min].

## 2.6. Asins analīžu mērījumi

Pētījuma gaitā katrai izmeklējamajai personai tika paņemtas kapilārās asinis, kurās noteica **glikozes un triglicerīdu daudzumu** [mmol/L] ar mikroelektronisko ierīci Accutrend GCT (Roche Diagnostics) un testa strēmeles (Accutrend Triglycerides un Accutrend Glucose). Ar vienu ierīci ir iespējams noteikt abus asins parametrus, izmantojot attiecīgās testa strēmeles, tomēr, lai samazinātu izmeklējamās personas diskomfortu un veiktu minimālu dūrienu skaitu, darbā izmantoja divas mikroelektroniskās ierīces, tās iepriekš nokodējot triglicerīdu vai glikozes noteikšanai.

Asins analīzes veica vienu reizi pirms maltītes uzņemšanas, lai noteiktu asins plazmas glikozes un triglicerīdu koncentrāciju tukšā dūšā, un katru stundu pēc maltītes: pirmajā stundā ik pēc 30 minūtēm, bet pēc tam ar 1 stundas intervālu.

Tā kā kapilāro asiņu paraugu ieguva no rokas pirksta distālās falangas, pirms tam pārliccinājās, vai izmeklējamās personas rokas ir siltas, lai būtu pietiekami laba mikrocirkulācija. Dūriena vietu dezinficēja ar 70° etilspirtu, pirms manipulācijas veikšanas ļaujot tam pilnībā iztvaikot. Dūrienu veica ar autolanceti, izmantojot sterilas vienreiz lietojamas lancetes, iespiešanās dziļumu iestatot 4,5 mm. Iegūtais asins pilienu pievienoja testa strēmelei, kas atradās iepriekš sagatavotā mikroelektroniskajā iekārtā. Asins piliens tika uzklāts uz testa strēmeles reaģentu saturošā laukuma tā, lai tas būtu pilnībā nosepts. Tūlīt pēc tam iekārtu aktivizēja asins

parauga analīzei. Iegūtos rezultātus nolasīja no mikroelektroniskās ierīces ekrāna. Izmantotos vienreizējās lietošanas materiālus utilizēja atbilstoši laboratorijas prasībām.

## 2.7. Augsta tauku satura maltīte

Katram pētījuma dalībniekam tika sagatavota maltīte, kuras enerģētiskā vērtība sastādīja vidēji  $1007 \pm 27$  kcal, no kurām oglehidrāti veidoja ~26%, proteīni – 12% un tauki sastādīja ~62%, tādējādi to daudzums bija 1g uz 1 kg ķermeņa masas.

Mērījumu testa maltītes teorētiska sagatavošana notika pirms ierašanās pētījuma dienā, tās sastāvu pielāgojot individuāli katrai izmeklējamajai personai, balstoties uz personas ēšanas paradumiem ikdienā, to noskaidrojot pēc pārtikas produktu patēriņa biežuma anketas datu analīzes (1. pielikums).

Maltīte tika pagatavota mērījuma rītā tieši pirms tās uzņemšanas, izmantojot galvenokārt tikai svaigus produktus, pirms pasniegšanas termiski neapstrādātus produktus. Ūdens uzņemšana netika ierobežota.

Testa maltītē iekļāva tādus produktus kā kliju maizi, sieru, sviestu, bekonu, gurķus, tomātus, avokado, zemesriekstu sviestu, banānus, olas, dažāda veida riekstus, vīnogas un rūgto šokolādi.



2.7. attēls. Testa maltītes piemērs

Figure 2.7. Example of the test meal

Augsta lipīdu satura maltīte tika izvēlēta, jo mūsdienās diezgan bieži sabiedrībā tiek uzsvērts, ka taukiem bagāts ēdiens ir kaitīgs veselībai. Tādēļ šajā darbā tika pētīts, vai regulāra

fiziskās slodzes esamība ikdienā spēj ietekmēt un veicināt vielmaiņas ātrumu, kā katras izmeklējamās personu grupas organismi reaģēs uz tik apjomīgu, taukiem bagātu maltīti, vai tas organismam sagādās lielu fizioloģisko stresu un noslogojumu.

## **2.8. Datu statistiskā analīze**

Datu statistiskā apstrāde tika veikta programmā SigmaStat pie būtiskuma līmeņa  $p=0,05$ . Ar Kolmogorova-Smirnova testu noteica, vai apskatītie parametri atbilst normālajam sadalījumam. Ar t-testa palīdzību, dažos gadījumos izmantojot *Mann-Whitney* testu, noteica, vai kāda parametra vidējo vērtību ietekmē regulāra intensīvu aerobu/anaerobu slodžu esamība ikdienā. Ar *One Way RM ANOVA* testa palīdzību noteica, vai arī starp vienas grupas individuālajiem datiem netika novērota statistiski būtiskas atšķirības dažādos mērījuma laikos.

### 3. Rezultāti un diskusija

Pētījumā piedalījās 14 izmeklējamās personas, no kurām sešas spēlēja florbola komandā un regulāru treniņu laikā (3-4 reizes nedēļā) veica augstas intensitātes jauktu (aerobu/anaerobu) slodzi, savukārt astoņas sievietes ir ar zemu kustību aktivitāti ikdienā. Pēc rezultātu iegūšanas no tālākās analīzes izslēdza vienas personas datus, kurai ikdienā bija zema fiziskā slodze, jo iegūtie rezultāti neatspoguļoja, ka persona būtu atradusies miera stāvoklī.

#### 3.1. Ķermeņa audu kompozīcijas raksturojums

Lai raksturotu izmeklējamo personu ķermeņa audu kompozīciju, tām veica antropometriskus mērījumus, kā arī ar ultrasonogrāfijas metodi ieguva vēdera taukaidu daudzumu raksturojošus parametrus.

3.1. tabula. Antropometrisko parametru salīdzinājums izmeklējamo personu grupās

Table 3.1. Comparison of anthropometric measures in research groups

Parametra apzīmējums	Vidējā vērtība trenētām sievietēm	Vidējā vērtība netrenētām sievietēm	P-vērtība
Auguma garums, m	1,699 ± 0,050	1,720 ± 0,043	0,425
Ķermeņa svars, kg	64,0 ± 9,4	67,3 ± 6,1	0,458
ĶMI, kg/m <sup>2</sup>	22,13 ± 2,7	22,81 ± 2,5	0,648
ĶT%	25,94 ± 4,48	27,95 ± 3,10	0,618
WHR	0,79 ± 0,05	0,80 ± 0,05	0,501
SAD, cm	16,18 ± 0,80	17,02 ± 1,65	0,277
WCn, cm	70,1 ± 2,7	73,2 ± 4,3	0,156
WCm, cm	76,7 ± 2,6	81,0 ± 5,9	0,126

Trenētās sievietes vidēji bija vecākas par 2 gadiem nekā netrenēto sieviešu grupa (attiecīgi 24,2 ± 2,9 gadi un 21,7 ± 1,1 gads), bet augumā garākas par 2 cm un ar lielāku ķermeņa svaru aptuveni par 3 kg bija netrenētās sievietes, tomēr šīs atšķirības nav statistiski būtiskas. Noteiktais ķermeņa masas indekss pēc Pasaules Veselības organizācijas klasifikācijas abās grupās atbilst normālam svaram.

Savukārt  $\text{KT}\%$  trenētajām sievietēm ir par 2% mazāk kā netrenētajām – šajos rezultātos redzama neliela ikdienas kustību aktivitātes ietekme, taču tā nav būtiska. Abās izmeklējamajās grupās  $\text{KT}\%$  ietilpst intervālā starp 25-29%, kas ar literatūrā sastopamajiem datiem, kuri atrodami kalipera lietošanas rokasgrāmatā, atbilst nedaudz paaugstinātam taukaudu daudzumam. Tomēr jāņem vērā, ka ādas tauku kroku kaliperēšanas metode nav visprecīzākā metode  $\text{KT}\%$  noteikšanai – tās precizitāte ir atkarīga ne tikai no mērītāja prasmes, bet arī no izvēlētās formulas  $\text{KT}\%$  aprēķināšanai (*Shakeryan et al., 2013*).

Veicot aprēķinus vidukļa-gurnu proporcijai, trenētajām sievietēm šis koeficients ir zem 0,8, kas norāda, ka šai grupai kopumā nav paaugstināta riska iespējamība saslimt ar sirds un asinsvadu slimībām. Turpretī netrenētajām sievietēm grupas vidējā vērtība ir tieši 0,8, kas ir uz robežas ar normu un tendenci uz riska paaugstināšanos iespējamībai saslimt ar kādu no kardio-metabolajām slimībām (*Ashwell, Gibson 2016*). Tomēr arī šīs atšķirības nav uzskatāmas par būtiskām.

Iegūstot sagitālā abdominālā diametra vērtības, var secināt, ka regulāras fiziskās slodzes esamība sievietēm SAD vērtību būtiski neietekmē. Tā vērtība ir atkarīga no vispārējas taukaudu uzkrāšanās vēdera zonā.

Arī pēc cita antropometriskā parametra, vidukļa apkārtmēra, ko izmanto abdominālo taukaudu daudzuma raksturojumam, novēro atšķirības starp pētītajām grupām, taču tās nav statistiski būtiskas.

3.2. tabula. Ultrasonogrāfisko mērījumu salīdzinājums izmeklējamu personu grupās

Table 3.2. Comparison of ultrasonographic measures in research groups

Parametra apzīmējums	Vidējā vērtība trenētām sievietēm	Vidējā vērtība netrenētām sievietēm	P-vērtība
Zemādas taukaudi			
SATmin, mm	7,6 ± 3,4	12,4 ± 4,7	0,419
SATmax1, mm	12,8 ± 3,7	23,4 ± 6,2	0,895
SATmax2, mm	18,4 ± 7,0	27,5 ± 6,7	0,564
Intraabdominālie taukaudi			
IAT, mm	36,1 ± 5,6	31,4 ± 9,2	0,903
PFT, mm	14,1 ± 2,2	14,1 ± 4,2	0,669
Indeksi, kas raksturo zemādas un viscerālo tauku frakciju sadalījumu			
WFI	0,55 ± 0,30	0,89 ± 0,29	0,497
MAR1	0,36 ± 0,12	0,51 ± 0,20	0,007
MAR2	0,80 ± 0,30	0,95 ± 0,37	0,025

Apskatot 3.2. tabulu, redzams, ka starp izmeklējamu personu grupām nav novērojamas statistiski būtiskas atšķirības intraabdominālo un zemādas taukaudu mērījumu rezultātos. Tomēr zemādas taukaudu daudzums SATmin, SATmax1 un SATmax2 redzami lielāks ir netrenēto sieviešu vidū, lai gan šī atšķirība nav statistiski būtiska.

Zemādas taukaudu daudzums gan trenētām sievietēm, gan netrenētām ir ļoti neliels, kas ir loģiski, izvērtējot to, ka trenētām personām šajā frakcijā deponētie triglicerīdi tiek biežāk izmantoti organisma enerģētiskajam nodrošinājumam. Līdzīgs rezultāts ir Volnera-Lībmana pētījumā, kur fiziski trenētām sievietēm zemādas taukaudu biežums bija par apmēram 35,9% zemāks nekā netrenētām sievietēm, kaut arī ķermeņa masas indekss abās grupās bija vienāds (Wallner-Liebmann et al., 2013), savukārt Rūpakala, veicot zemādas taukaudu mērījumu 1 cm virs nabas (kas daļēji atbilst šī pētījuma SATmax1 rādītājam), ieguva rezultātu 1,53±0,67 cm (Roopakala et al., 2009). Viņu pētījumā gan nebija sniegta informācija par personu fizisko aktivitāšu līmeni, tomēr, neskatoties uz to, arī salīdzinot ar literatūrā esošo informāciju, netrenētām sievietēm ir lielāks vēdera zemādas taukaudu daudzums.

Savukārt IAT un PFT vērtības ir līdzvērtīgas un abās grupās nepārsniedz kritisko robežvērtību, lai liecinātu par intraabdominālo aptaukošanos, kas pēc, piemēram, Ribeiro-Filho (Ribeiro-Filho et al., 2003) noteiktajiem datiem ir sākot no 69 mm. Ir maz pētījumu, kuru mērķis

būtu novērtēt intraabdominālo taukaudu daudzums pēc ultrasonogrāfiskiem parametriem, kas traucē izprast, vai šajā pētījumā piedalījušos dalībnieču intracelulāro taukaudu biezums ir raksturojams kā normāls. Neskatoties uz to, ka Ribeiro-Filho (*Ribeiro-Filho et al., 2003*) piedāvā IAT robežvērtības, kas raksturo paaugstinātu kardiovaskulāro slimību risku, jo pētnieki tās ieguva no sievietēm vecumā virs 55 gadiem, otrās pakāpes aptaukošanos (noteiktu pēc  $\text{KMI}$ ), kā arī vairāku citu parametru vērtībām virs kritiskām robežām. Tomēr Rūpakala un kolēģu pētījumā intraabdominālo taukaudu biezums jaunām sievietēm, kurām citi ķermeņa kompozīciju aprakstošie lielumi bija līdzīgi kā šī pētījuma sievietēm), bija  $3,6 \pm 0,86$  cm (Roopakala et al., 2009).

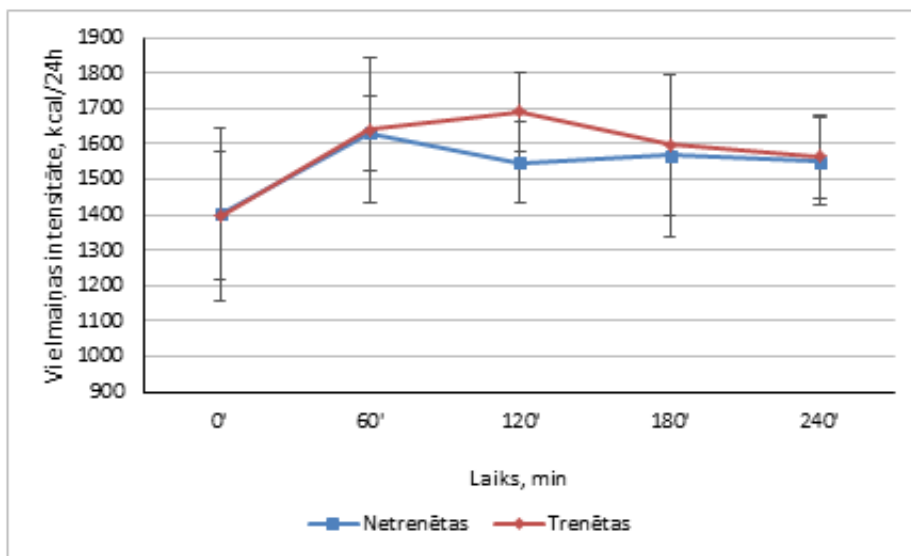
Salīdzinot PFT iegūtos rezultātus ar teorētiskajām atrastajām riska robežvērtībām pēc Kawamoto (*Kawamoto et al., 2007*) datiem, abās grupās iegūtie rezultāti nosaka paaugstinātu risku saslimt ar kādu no kardiometabolajām slimībām. Noteiktā riska robežvērtība bija 8,7mm. Taču šīs vērtības vajadzētu salīdzināt ar kādu citu pētījumu datiem, jo dotajā pētījumā veica izmeklējumus gados veciem cilvēkiem no Āzijas, kuru klimatisko apstākļu, etniskās piederības un citu faktoru dēļ ķermeņa uzbūves ziņā atšķiras no vidusmēra eiropieša.

Aplūkojot 3.2. tabulā indeksus, kuri ir izveidoti, lai novērtētu intraabdominālo un zemādas taukaudu daudzuma sadalījumu (Bazzocchi et al., 2011; Suzuki et al., 1993), redzams, ka gan WFI, gan MAR1 un MAR2 indeksi norāda uz taukaudu uzkrāšanos galvenokārt zemādā gan trenētām, gan netrenētām sievietēm. Tas bija sagaidāms, jo abu indeksu aprēķinā izmanto personu individuālos intraabdominālo taukaudu daudzuma rādītājus, kuru vērtības abās izmeklējamajās personu grupās ir ļoti līdzīgas, un tās pašas personas zemādas taukaudu biezums, kas ir salīdzinoši lielāks netrenētām sievietēm.

Antropometriskajos un ultrasonogrāfiskajos mērījumos iegūtie dati norāda, ka abas pētījuma grupas savā starpā ir līdzīgas, atšķiras tikai zemādas taukaudu daudzums vēdera zonā, bet tie nav fizioloģiski aktīvākie audi. Tādēļ vienīgais faktors, kas ietekmēja tālāk respirometrijā un asins analīzēs iegūtos rezultātus, varētu būt funkcionālās izmaiņas muskuļos, kas radušās laika gaitā intensīvas fiziskās slodzes ietekmē.

### 3.2. Vielmaiņas intensitātes izmaiņa pēcmaltītes periodā

Lai novērtētu, kā maltīte ar augstu tauku saturu ietekmē vielmaiņas intensitāti, izmeklējamām personām reģistrēja vielmaiņas intensitāti fiziska miera apstākļos ik stundu četru stundu periodā, salīdzinot gan absolūto, gan relatīvo vielmaiņas intensitāti.



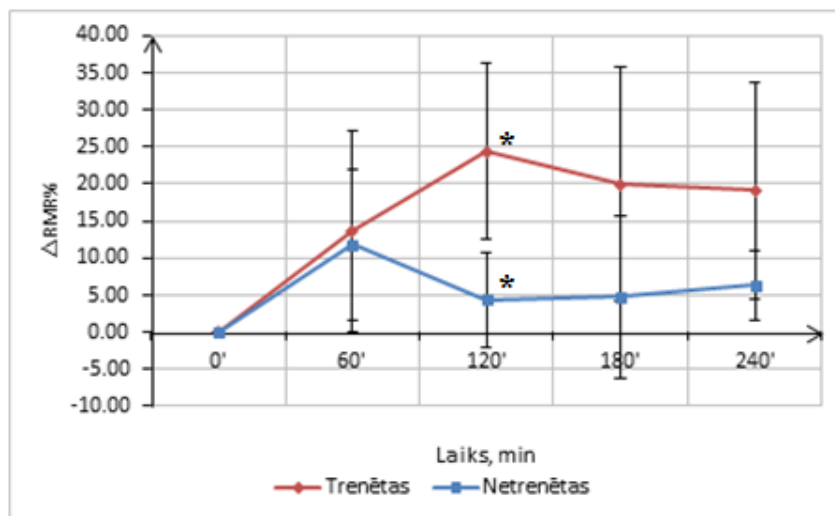
3.1. attēls. Bazālās un fiziska miera vielmaiņas mērījumu rezultāti trenētām un netrenētām sievietēm

Figure 3.1. Basal and rest metabolic rate measurement results to trained and untrained women

Lai gan pēc 3.1. attēlā iegūtajiem datiem redzams, ka abās izmeklējamajās grupās bazālās vielmaiņas intensitāte neatšķīrās, tomēr jau otrās stundas beigās mērījumu rezultātos vērojamas atšķirības – trenētām sievietēm vielmaiņas intensitāte bija augstāka. Trenētajām sievietēm pēc pirmās stundas miera vielmaiņas mērījumiem saglabājās augšupejoša tendence līdz otrās stundas beigām, kad vielmaiņas intensitāte sāka samazināties, uz mērījumu beigām saglabājoties mazāk svārstīgai.

Turpretī netrenētajām sievietēm jau pēc pirmās stundas miera vielmaiņas intensitāte samazinājās un palika samērā konstanta turpmāko mērījumu laiku. Arī statistiskā analīze norāda, ka būtiska atšķirība starp mērījumiem ir novērojama tikai trenēto sieviešu grupā, ja salīdzina pilnīga miera apstākļos reģistrēto pamatvielmaiņas intensitāti ar pirmās, otrās un trešās stundas beigās iegūtajiem rezultātiem (attiecīgi:  $p=0,012$ ,  $p=0,02$  un  $p=0,049$ ). Tomēr, neskatoties uz to, ka mērījumu ceturtajā stundā vielmaiņas intensitāte būtiski neatšķiras no pamatvielmaiņas

intensitātes, tā joprojām ir augsta, un prognozējams, ka saglabāsies tāda vairākas stundas (Westerterp 2004, Kinabo, Durmin 1990).



3.2. attēls. Uztura izraisītais termogēnais efekts vielmaiņas intensitātē trenētām un netrenētām sievietēm.

\* - Termogēnais efekts 120. minūtē starp grupām būtiski atšķiras ( $p < 0,05$ ).

Figure 3.2. Diet induced thermogenesis in trained and untrained women

\* - Diet induced thermogenesis between the groups differ significantly ( $p < 0,05$ )

3.2. attēlā var novērot, ka trenētām sievietēm ar uzturu izraisītais termogēnais efekts ir lielāks un noturīgāks nekā netrenētajām sievietēm. Visbiežāk maltītes izraisītā termogēnēze ir robežās no 5-10% (Westerterp 2004), kā tas aptuveni ir novērojams netrenēto sieviešu gadījumā. Netrenēto sieviešu grupā patērētās enerģijas daudzums palielinājās pirmajā stundā, tās beigās sasniedza savu maksimumu – 12% virs pamatvielmaiņas intensitātes, pēc tam tas samazinājās līdz otrās stundas beigām, kad sasniedza 5% un tāds saglabājās līdz mērījumu beigām.

Turpretī trenētajām sievietēm pieaugums enerģijas patēriņā turpinājās divas stundas pēc maltītes, sasniedza vidēji 24%, bet pēc tam samazinājās līdz aptuveni 20%, kas ir ļoti augsti rādītāji, un saglabāja noturīgumu atlikušo mērījuma laiku. Tika arī noskaidrots, ka rezultātos mērījuma otrās stundas beigās starp izmeklējamo personu grupu vielmaiņas pieauguma rezultātiem ir vērojama statistiski būtiska atšķirība ( $p < 0,05$ ).

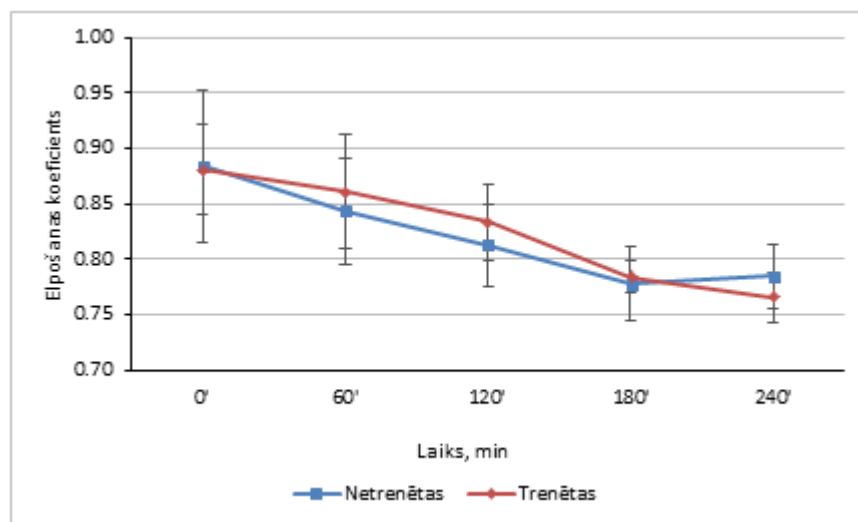
Viens no cēloņiem augstajam termogēnajam efektam varētu būt ikdienas ēšanas paradumu atšķirības, jo pēc anketās sniegtajām atbildēm varēja secināt, ka kopumā ar regulārām intensīvām fiziskajām aktivitātēm esošajā grupā sievietes ēd veselīgāk un mazākām porcijām nekā sievietes, kuru fiziskā slodze ikdienā ir zema vai mērena.

Vairākos pētījumos (Westerterp 2004, Hill et al. 1984) ir aprakstīts, ka ne tik svarīgs ir procentuālais uzturvielu daudzums maltītē, lai novērotu izraisīto termogēno efektu, bet gan maltītes kopējais apjoms. Netrenētās sievietes biežāk ikdienā ēd lielākas porcijas, bet arī ar lielākiem laika intervāliem starp tām – viņu organisms varētu būt adaptējies šādam režīmam. Savukārt trenēto sieviešu organismiem tik lielas maltītes uzņemšana, kurā piedevām bija augsts lipīdu saturs, varētu būt sava veida fizioloģiskais stress, tāpēc, iespējams, termogēnais efekts ir izteiktāks.

Rezultātu statistiskā analīze norāda, ka trenēto sieviešu grupā maltītes izraisītā termogēnēze statistiski būtiski pieaug jau pirmajā stundā ( $p=0,044$ ) starp 60. un 180. minūti ( $p=0,006$ ) un starp 60. un 240. minūti ( $p=0,033$ ). Taču netrenēto sieviešu rezultātos statistiski būtiskas atšķirības netika novērotas.

### 3.2. Enerģētisko substrātu oksidācijas intensitāte pēc maltītes uzņemšanas

Gan mierā, gan fiziskas slodzes laikā organisma enerģija tiek iegūta, galvenokārt oksidējot ogļhidrātus vai taukus. Izmantojot Peroneta un Masikota izstrādātos vienādojumus, aprēķināja visa organisma lipīdu un ogļhidrātu oksidācijas intensitāti pilnīga miera apstākļos, kā arī četras stundas fiziska miera apstākļos pēc maltītes apēšanas.

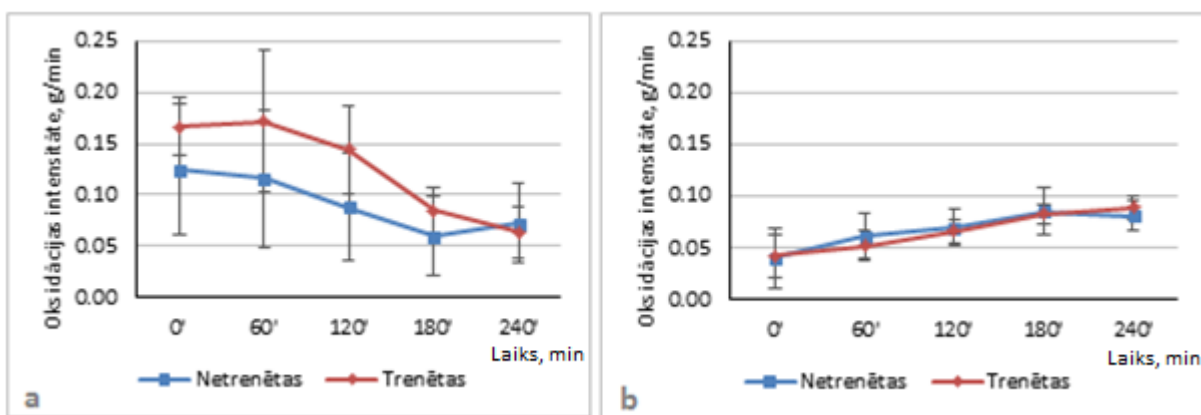


3.3. attēls. Elpošanas koeficienta mērījumu rezultāti trenētām un netrenētām sievietēm

Figure 3.3. Respiratory exchange ratio measurement results to trained and untrained women

Apskatot 3.3. un 3.4.attēlus, var novērot, ka iegūtie rezultāti elpošanas koeficientam un substrātu oksidācijai parāda, ka miera apstākļos rezultāti starp abām izmeklējamo personu grupām bija līdzīgi – kā galveno enerģijas avotu fiziska miera vielmaiņas nodrošināšanai abu grupu personas izmantoja ogļhidrātus.

Vidējais RER abās grupās ir 0,88, kas norāda, ka 60,8% enerģijas tiek iegūti, oksidējot ogļhidrātus, un 39,2% – oksidējot taukus. Tikai trešās un ceturtais stundas beigās tauki tiek izmantoti kā dominējošais enerģijas avots – vidējais RER ir robežās no 0,75 līdz 0,8.



3.4. attēls. Ogļhidrātu un tauku oksidācijas intensitāte trenētām un netrenētām sievietēm fiziska miera apstākļos. a – Ogļhidrātu oksidācija, b – Tauku oksidācija.

Figure 3.4. Intensity of carbohydrate and fat oxidation in trained and untrained women. a - Carbohydrate oxidation, b - Fat oxidation.

Tomēr, apskatot vērīgāk iegūtos datus, var ievērot, ka trenēto sieviešu vidū ogļhidrātu oksidācijas intensitāte saglabājās aptuveni kā fizioloģiskā miera apstākļos līdz otrās stundas beigām, kad tā būtiski samazinājās. Ogļhidrātu oksidācijas aprēķinu rezultāti pilnīga miera apstākļos, pirmās un otrās stundas beigās bija statistiski nozīmīgi augstāki nekā trešās un ceturtais stundas beigās (visos gadījumos  $p < 0,001$ , izņemot starp 120. minūtē iegūto un 240. minūtē  $p < 0,01$ ).

Savukārt netrenētajām sievietēm ogļhidrātu oksidācija būtiski sāka samazināties jau pēc pirmās stundas, sasniedzot zemāko punktu trešās stundas beigās. Līdz ar to, ogļhidrātu oksidācija mierā un pirmajā stundā ir būtiski augstāka nekā ogļhidrātu oksidācija trešajā un ceturtajā stundā pēc maltītes uzņemšanas (visos gadījumos  $p < 0,001$ ), kā arī pēc 120. minūtes ogļhidrātu oksidācija samazinās līdz 180. minūtei ( $p < 0,01$ ).

Samazinoties ogļhidrātu oksidācijai, palielinās lipīdu oksidācija, jo tie ir savstarpēji saistīti lielumi. Šo parādību varēja novērot iegūtajos rezultātos, jo attiecīgi trenētajām sievietēm tauku oksidācija izteiktāk palielinājās pēc otrās stundas beigām (kad būtiski samazinājās ogļhidrātu oksidācija), ko norāda arī statistiskās analīzes – trenēto sieviešu vidū mierā un pirmajā stundā pēc maltītes tauku oksidācijas intensitāte būtiski atšķīrās no tauku oksidātes trešās un ceturtais stundas beigās (attiecīgi  $p < 0,001$  un  $p < 0,01$ ).

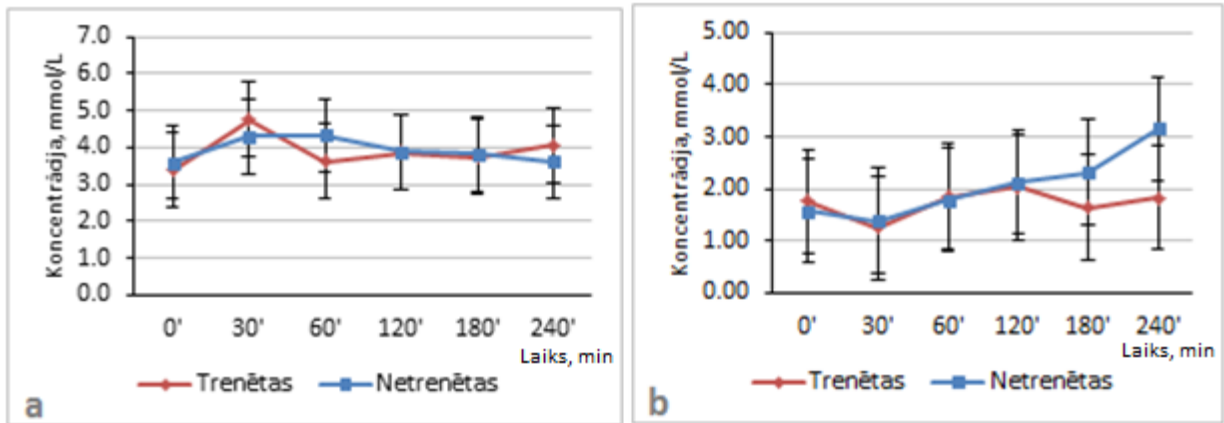
Taču netrenētajām sievietēm tauku oksidācija būtiski palielinājās jau no 60. minūtes, un varēja novērot, ka pilnīga miera apstākļos tauku oksidācija bija statistiski nozīmīgi zemāka nekā otrās, trešās ( $p < 0,001$ ) un ceturtais ( $p < 0,01$ ) mērījuma stundas beigās pēc maltītes uzņemšanas, kā arī pēc 60. minūtes tauku oksidācija bija būtiski zemāka, salīdzinot ar 180. minūtes datiem ( $p < 0,05$ ).

Šādi rezultāti jau bija gaidāmi, jo literatūrā ir minēts, ka personu fiziskās sagatavotības līmenis neietekmē lipīdu oksidācijas intensitāti miera stāvoklī, un trenētām sievietēm lipīdu oksidācija notiek vienlīdz intensīvi ar netrenētajām sievietēm, taču trenētajām sievietēm straujāk norit taukskābju deponēšanās (Melanson et al., 2009). Tiek izteikts pieņēmums, ka trenētiem cilvēkiem intensīvāk notiek taukskābju deponēšanās muskuļu intracelulārajā vidē triglicerīdu sastāvā, lai izveidotu rezerves enerģijas krājumus, kas paredzēti lielam enerģijas patēriņam plānotai ikdienas slodzei (Bergman et al. 2010).

Tā kā substrātu oksidācija dažādos organisma audos notiek ar atšķirīgu intensitāti (piemēram, muskuļaudi ir metaboli aktīvāki nekā taukaudi), daudzi pētnieki, lai salīdzinātu personas ar atšķirīgu ķermeņa audu kompozīciju, mēdz rēķināt relatīvo vielmaiņas intensitāti vai relatīvo substrātu oksidācijas intensitāti. Šajā pētījumā līdzīgi aprēķini tika veikti, tomēr, saistībā ar to, ka abās pētījuma grupās izmeklējamās personas bija ar līdzīgu ķermeņa kopējās masas, tauku un liesās masas lielumu, rezultāti nemainījās.

### **3.3. Triglicerīdu un glikozes koncentrācijas izmaiņas asins plazmā**

Lai novērtētu, kā augsta tauku satura maltīte ietekmē asins plazmas lipīdu un glikozes daudzuma regulēšanu trenētām un netrenētām sievietēm, kapilārajās asinīs noteica plazmas triglicerīdu un glikozes koncentrāciju tukšā dūšā un pēc maltītes uzņemšanas – 30. minūtē un ik stundu nākamo četru stundu laikā.



3.5. attēls. Asins analīžu mērījumu rezultāti trenētām un netrenētām sievietēm. a – Glikozes koncentrācijas izmaiņas, b – Triglicerīdu koncentrācijas izmaiņas

Figure 3.5. Results of blood test in trained and untrained women. a – Changes of glucose concentration, b – Changes of trygliceride concentration

Apskatot 3.5.a attēlā iegūtos rezultātus glikozes parametru izmaiņām, redzams, ka trenētām sievietēm glikozes koncentrācija stabilizējās ātrāk, tā sāk samazināties pēc 30. minūtes un jau 60. minūtē atgūst sākuma koncentrāciju, kāda bija pirms maltītes uzņemšanas. Netrenētajām sievietēm glikozes koncentrācijas stabilizēšanās novērojama pēc 60. minūtes. Iegūtie dati starp grupām statistiski būtiski neatšķiras.

Balstoties uz literatūrā atrasto teoriju (Stuart et al., 2010, Strasser, Pesta 2013), skaidrojums varētu būt tāds, ka fiziski aktīviem cilvēkiem (gan īslaicīga slodze iepriekš mazkustīgiem cilvēkiem, gan tiem, kas regulāri veic izturības un pretestības slodzes) palielinās insulīna jutība organismā, kas saistīta ar GLUT4 transportieru, kuri ir atbildīgi par glikozes transportu šūnās, daudzuma palielināšanos muskuļos.

Tukšās dūšas triglicerīdu koncentrāciju asins plazmā nodrošina galvenokārt ļoti zema blīvuma lipoproteīni (VLDL), kuri atbild par holesterola un triglicerīdu transportu tad, kad samazinās hilomikronu – tātad arī maltītes triglicerīdu – transports plazmā.

Trenēto sieviešu vidējie rezultāti tukšā dūšā uzrāda triglicerīdu koncentrāciju 1,76 mmol/L, kas pēc literatūrā atrastajiem datiem norāda uz riska robežvērtību (1,8-2,2 mmol/L), kad sāk parādīties tendence uz mazliet palielinātu triglicerīdu koncentrāciju asinīs jeb hipertrigliceridēmiju. Tomēr personām, kas regulāri veic izturības vai pretestības fizisku slodzi, ir novērotas paaugstinātas plazmas lipīdu koncentrācijas: triglicerīdu, kopējā, zema un ļoti zema

blīvuma holesterola daudzums (Cardoso et al., 1994, Hellerstein 2002). Bet tās ir adaptīvas izmaiņas, kas pielāgo sportista organismu regulārai fiziskai slodzei.

Netrenēto sieviešu triglicerīdu koncentrācija bija mazāka par 1,7 mmol/L jeb 1,57 mmol/L, kas atbilst vēlamajām veselīgas normas robežām (*Mayo Clinic, 2015*).

Biežāk tiek minēti divi mehānismi paaugstinātai triglicerīdu koncentrācijai tukšā dūšā: pastiprināta VLDL sintēze aknās, pateicoties taukskābju sintēzei *de novo*, ko novēro pēc augsta ogļhidrātu satura maltītes, un palēnināta VLDL daudzuma samazināšanās asins plazmā, ko tipiski novēro pēc regulārām augsta tauku satura maltītēm (Hellerstein 2002).

Trenētām personām novēro adaptīvas norises, kas ir saistītas ne tikai ar nutrientu pieejamības paaugstināšanu, bet arī ar to izmantošanu audos – piemēram, ilgstošu aerobu treniņu rezultātā palielinās lipoproteīnu lipāzes aktivitāte un aknu lipāzes aktivitāte (Cardoso et al., 1994, Miyashita et al., 2010), kā arī palielinās taukskābju transportu skeleta muskuļos, pastiprināti ekspresējot šūnu membrānā taukskābju transportproteīnu-4 (FATP4, angl. fatty acid transport protein), kas atvieglo garo ķēžu taukskābju transportu (Jeppesen et al., 2012).

Izturības slodzēs trenētām personām novēro arī pastiprinātu triglicerīdu uzkrāšanos skeleta muskuļos, veidojot intramuskulāro taukaudu depo (IMAT). Tomēr atšķirībā no personām ar mazkustīgu dzīvesveidu, kam IMAT daudzuma palielināšanās ir saistīta ar insulīna jutības samazināšanos, fiziski aktīviem cilvēkiem šie taukaudi kalpo par enerģētiskā substrāta depo (Dube et al., 2008, Schenk, Horowitz 2007).

Iepriekš minētais pieņēmums varētu būt arī viens no skaidrojumiem, kāpēc trenētajām sievietēm 3.5.b attēlā var novērot samērā mazu triglicerīdu pieaugumu asinīs, kurš ir ar tendenci ātri nostabilizēties sākuma koncentrācijā, kāda tā bija pirms maltītes uzsākšanas. Savukārt netrenētajām sievietēm pēc 180. minūtes asinīs vērojams straujš triglicerīdu koncentrācijas pieaugums, taču nevienā grupā rezultātu atšķirības nav statistiski būtiskas.

Interesanti, ka gan akūta, gan regulāra fiziska slodze uzlabo pēc maltītes triglicerīdu koncentrācijas normalizēšanos, tomēr tendence ir īslaicīga un ilgst 12-18 stundas, bet pēc 48-60 stundu atslodzes perioda iepriekšējo treniņu ietekme vairs nav novērojama, un triglicerīdu daudzums pēc maltītes apēšanas pieaug tāpat kā netrenētiem cilvēkiem (Teeman et al., 2016).

Tomēr šajā pētījumā rezultātos atspoguļojās atšķirības triglicerīdu koncentrācijas dinamikā, un ir redzama treniņu labvēlīgā ietekme, kaut gan 48 stundas pirms mērījumu dienas visām izmeklējamajām personām tika lūgts ikdienā ievērot samazinātas fiziskas slodzes režīmu.

Vielmaiņas intensitātes, enerģētisko substrātu oksidācijas intensitātes un plazmas nutrientu izmaiņu dinamika pēc augsta tauku satura maltītes ļauj domāt, ka pirmajās divās

pēcmaltītes stundās vielmaiņu paaugstinošie adaptīvie procesi ir saistīti ar enerģētiski relatīvi dārgajiem gremošanas procesiem kuņģa-zarnu traktā – pastiprinātu gremošanas sulu sekrēciju (īpaši žults sekrēcija pārtikas lipīdu emulgēšanai), biežāku gremošanas trakta sienīgas motoriku, lai barības putriņu virzītu un maisītu ar gremošanas sekrētiem, augstāku neiroendokrīno signālu produkciju, kas regulē enerģijas homeostāzi, piemēram, peptīda YY koncentrācijas pieaugums pēc maltītes ir izteiktāks pēc ilgtermiņa aerobiem treniņiem (Jones et al. 2009, Werling et al. 2013).

Savukārt tas, ka vēlākā pēcmaltītes periodā novērotais uztura termiskais efekts ir mazāk izteikts, bet noturīgs, kā arī par galveno enerģijas avots tiek izmantoti lipīdi – ar enerģētiski mazāk intensīvajiem procesiem, kas saistīti ar nutrientu transportu un izmantošanu organisma audos – piemēram, triglicerīdu ieslēgšanu hilomikronu sastāvā, glikozes transportu asinīs un uz šūnām, lipoproteīnu lipāzes aktivitātes pieaugumu un taukskābju transportu uz audu šūnām enerģijas nodrošināšanai vai uzglabāšanai glikogēna un triglicerīdu veidā (Koutsari et al. 2012).

Jāpiemin, ka šajā pētījumā nācās saskarties ar vairākiem ierobežojumiem, kas traucēja objektīvu un ticamu datu iegūšanu. Pirmkārt, personu skaitam izmeklējamajās grupās būtu jābūt lielākam, lai iegūtu objektīvākus datus. Otrkārt, ir sarežģīti nokontrolēt izmeklējamo personu nosacījumu ievērošanu, kas tika doti divām dienām pirms mērījumiem laboratorijā. Vēl izmantoto metodi asinsanalīzēm – kapilāro asiņu paņemšanu, lai noteiktu glikozes un triglicerīdu koncentrāciju – būtu ieteicams aizstāt ar venozo asiņu parauga ņemšanu caur katetru.

## 4. Secinājumi

1. Fiziski trenētām (florbolā) un netrenētām jaunām sievietēm ar līdzīgu ķermeņa masas indeksu, kas raksturo normālu ķermeņa svaru, nav statistiski nozīmīgu atšķirību abdominālo taukaidu frakciju vērtībās, tomēr uzrādās tendence, ka netrenētām sievietēm ir relatīvi augstāka zemādas taukaidu frakcija.
2. Fiziski trenētām sievietēm augsta satura lipīdu maltītes izraisīts vielmaiņas paaugstinājums ir lielāks (līdz 20-24% no pamatmaiņas) un noturīgāks nekā netrenētām sievietēm.
3. Pēc augsta tauku satura maltītes sākotnējā periodā enerģētiskajam nodrošinājumam dominējoši tiek izmantoti ogļhidrāti, domājams, lai segtu salīdzinoši enerģētiski dārgos gremošanas procesus kuņģa-zarnu traktā, bet vēlākā pēcmaltītes periodā – nozīmīgāks kļūst lipīdu katabolisms.
4. Triglicerīdu koncentrācijas izmaiņu dinamika plazmā pēc augstas lipīdu maltītes uzņemšanas ļauj secināt, ka trenētām un netrenētām personām ir atšķirīga plazmas nutrientu izmantošanas un deponēšanas stratēģija fiziska miera apstākļos.

## **5. Pateicības**

Izsaku pateicību bakalaura darba vadītājam M. biol., asist. Karīnai Volčekai par palīdzību un veltīto laiku darba izveidē un ieteikumiem bakalaura darba rakstīšanā.

Izsaku pateicību arī visiem pētījuma dalībniekiem par atsaucību un līdzdalību darba ietvaros.

## **6. Literatūras saraksts**

## **Pielikums**

1. pielikums.

## 2. Pielikums. Pirmsmērijumu maltīšu piemēri

Ēdienreize	Produkta kategorija	Produkts	Porcija	Daudzums	Kalorijas	Proteīni	Tauki	Ogļhidrāti	Šķiedrvielas
Brokastis: pārslas ar pienu, kafija ar saldumu, auglis									
	Graudaugu produkti	Brokastu pārslas	1	250mL	103	2	0	23	0.7
	Piena produkti	Piens (2%)	1	250mL	129	9	3.3	12	5
	Dzērieni	Kafija	1	250mL	5	0	0	1	0
	Saldumi	Baltais cukurs	1	5mL	16	0	0	4	0
	Konditorejas izstrādājumi	Sviesta kruasāns	1	1	231	5	12	26	1.5
	Augļi	Banāns, vidēja izmēra	1	1	105	1	0	27	2.1

Pusdienas: pamatēdiens (graudaugu produkts ar ceptu gaļu), dārzeņu salāti, tēja ar saldumu, auglis									
	Graudaugu produkti	Baltie rīsi, vārīti	1	125mL	109	2	0	24	0.4
	Gaļa	Frankfurtes desiņa, cepta	2	1	214	10	18	4	0
	Tauki un eļļas	Saulespuķu eļļa	1	15mL	122	0	14	0	0
	Dārzeņi	Ķīnas kāposts, svaigs	0.25	125mL	2.25	0.25	0	0.5	0.175
	Dārzeņi	Burkāni, svaigi	0.5	1 medium	12.5	0.5	0	3	0.75
	Dārzeņi	Tomāts, svaigs	1	1	22	1	0	5	1.5
	Dārzeņi	Gurķis, svaigs	2	4 slices	6	0	0	2	0.4
	Dzērieni	Tēja	1	250mL	3	0	0	1	0
	Saldumi	Baltais cukurs	2	5mL	32	0	0	8	0
	Konditorejas izstrādājumi	Šokolādes mašins	1	1	366	8	14	53	2.4
	Augļi	Banāns, vidēja izmēra	1	1	105	1	0	27	2.1

Vakariņas: pamatēdiens (graudaugu produkts ar ceptu gaļu), dārzeņu salāti									
	Graudaugu produkti	Spageti, vārīti	1	250mL	209	7	1	42	2.5
	Gaļa	Vistas fileja, bez kauliem un ādas, vārīta	1	75g	119	25	2	0	0
	Dārzeņi	Tomāts, svaigs	1	1	22	1	0	5	1.5
	Dārzeņi	Gurķis, svaigs	2	4 slices	6	0	0	2	0.4
	Dārzeņi	Paprika, saldā, svaiga	1	1/2	15	1	0	4	0.8
	Dārzeņi	Redisi	1	3 medium	2	0	0	0	0.2
	Dārzeņi	Zaļie lociņi	1	1 medium	5	0	0	1	0.4
	Dārzeņi	Pupiņas, konservētas	0.25	125mL	3.5	0.25	0	0.75	0.375
	Tauki un eļļas	Salātu dressingi (piem, Cézara mērce)	1	15mL	58	0	5	4	0
					Kopā kcal pa dienu:	Uzturvielu %			
					2022.3	Proteīni	Tauki	Ogļhidrāti	
						14.6	30.8	55.2	

### 3. Pielikums. Mērījumu protokols

Datums				
<b>Informācija par personu</b>				
Personas ID:			Dzimis:	<input type="checkbox"/> Sieviete <input type="checkbox"/> Vīrietis
Augums(m)	Svars (kg)	Ķermeņa masas indekss (kg/m <sup>2</sup> )	Vidukļa apkārtmērs šaurākajā vietā (cm)	Vidukļa apkārtmērs nabas līmenī (cm)
Gurnu apkārtmērs (cm)		Vidukļa-gurnu apkārtmēru proporcija (WHR)		
			Sagitālais abdominālais diametrs (cm)	
			Labajā	Kreisajā
<b>Tauku kroku mērījumi ar harpendera kaliperi</b>				
<b>Krokas nosaukums</b>		<b>Krokas biezums kalipera vienībās</b>	<b>Kalibrētais krokas biezums (mm)</b>	
Augšdelma priekšpusē tauku kroka (biceps)				
Vēdera tauku kroka (abdominālā)				
Virszaru kaula tauku kroka (suprailikālā)				
Augšdelma mugurpusē tauku kroka (triceps)				
Zemlāpstiņas tauku kroka (subskapulārā)				
Augšstilba priekšpusē tauku kroka				
Apakšstilba mugurpusē tauku kroka				
<b>Abdominālo tauku slāņa biezuma mērījumi ar ultraskaņu</b>				
<b>Parametra nosaukums</b>		<b>Slāņa biezums (mm)</b>	<b>Riska robežvērtība</b>	
Abdominālais zemādas tauku slānis (max1)			-	
Abdominālais zemādas tauku slānis (max2)				
Intraabdominālie tauki			>69mm(s)	
Preperitoneālie tauki			>8,7mm(s)	
Abdominālais zemādas tauku slānis (min)				
<b>Asinsanalīžu mērījumi</b>				
<b>Laiks</b>	<b>Glikoze (mmol/L)</b>		<b>Triglicerīdi (mmol/L)</b>	
0'				
30'				
60'				
120'				
180'				
240'				